

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

И.В. Борискина
А.А. Плотников
А.В. Захаров

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОКОННЫХ СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

ВИТРИНА

SIEGENIA AUBI®
SOLUTIONS INSIDE



И.В. Борискина, А.А. Плотников,
А.В. Захаров

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СОВРЕМЕННЫХ ОКОННЫХ
СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

260

Киев-2005

Издатель Домашевская О.А.

scan: The Stainless Steel Cat

Рецензенты: А.А. Степаненко (представитель компании VEKA AG)
К.М. Костюк (технический консультант компании VEKA AG)
А.В. Громов (представитель компании SIEGENIA-AUBI KG)

Проект первого украинского издания осуществлен немецкими компаниями VEKA-AG и SIEGENIA-AUBI KG и журналом «Витрина».

И.В. Борискина

Проектирование современных оконных систем гражданских зданий / И.В. Борискина, А.А. Плотников, А.В. Захаров. — К.: Изд. Домашевская О.А., 2005. — 320 с.: ил. 176, библиогр.: с. 29.

ISBN 966-96488-1-5

Издание представляет особый интерес для широкого круга читателей: студентов архитектурных и общестроительных специальностей строительных университетов, профессионалов-строителей, производителей готовых конструкций, архитекторов и проектантов, работников научно-исследовательских институтов, сотрудников нормативно-сертификационных учреждений. Книга российских авторов обобщает существующую на данный момент техническую информацию о светопрозрачных ограждающих конструкциях, уделяя при этом основное внимание проектированию и производству изделий из ПВХ.

ISBN 966-96488-1-5

© Издатель Домашевская О.А., 2005

© Изд. АСВ, 2003

1. ПРЕДИСЛОВИЕ К УКРАИНСКОМУ ИЗДАНИЮ	6
ГЛАВА 1. ОКНА В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЯ	11
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ СИСТЕМЫ. ОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПВХ, ДЕРЕВА И АЛЮМИНИЯ	31
2.1. Светопрозрачные ограждающие конструкции. Термины и определения	31
2.2. Окна с переплетами из поливинилхлорида	33
2.2.1. Поливинилхлорид как материал для производства оконных профилей ..	33
2.2.2. Профильные системы из ПВХ. Принцип построения	40
2.2.3. Конструктивные решения оконных профилей из ПВХ	44
2.2.4. Технология производства окон из ПВХ	52
2.3. Окна с переплетами из алюминия	60
2.3.1. Алюминиевые сплавы как материал для производства оконных профилей	60
2.3.2. Профильные системы из алюминия. Принцип построения	61
2.3.3. Конструктивные решения оконных профилей из алюминия	61
2.4. Окна с переплетами из стеклопластика	66
2.5. Окна с переплетами из дерева	68
2.5.1. Древесина как материал для производства оконных профилей	68
2.5.2. Технология производства оконных профилей из дерева	73
2.5.3. Конструктивные решения оконных профилей из дерева	75
ГЛАВА 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА И СТЕКЛОПАКЕТЫ	79
3.1. Строительные стекла. Классификация. Физико-технические свойства. Технология производства и обработки	79
3.2. Прочностные свойства стекла. Несущая способность. Расчет на прочность. Допустимые напряжения при изгибе	85
3.3. Разрушающие нагрузки на стекла	92
3.4. Строительные стеклопакеты. Разновидности. Технология производства	96
3.5. Прочность стеклопакетов	100
3.6. Совместная работа стеклопакета и оконного профиля. Нагрузки в краевой зоне стеклопакета	104
ГЛАВА 4. СВОТТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОСТЕКЛЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОН	106
4.1. Светотехнические свойства оконного стекла	106
4.2. Светопрозрачные конструкции и комфортность микроклимата помещения	112
4.3. Проектирование остекления, исходя из зимних условий эксплуатации	113
4.4. Нормирование и расчет теплозащитных характеристик окон	120

ГЛАВА 5. ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТЕКЛЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	127
5.1. Восприятие звука человеком. Шумовой режим городских территорий. Транспортный шум	128
5.2. Звукоизоляционные характеристики остекления	133
5.3. Звукоизоляция оконных блоков и возможности ее увеличения	140
5.4. Акустическая работа окон, открытых в режиме вентиляции	143
ГЛАВА 6. РОЛЬ ОКОН В СИСТЕМЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ	148
ГЛАВА 7. ФУРНИТУРА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ОКОН	162
7.1. Классификация систем фурнитуры	163
7.2. Принцип построения системы фурнитуры. Основные термины и определения	166
7.3. Наклонно-поворотная фурнитура для окон из ПВХ	172
7.4. Противовзломная фурнитура	177
7.5. Наклонно-поворотная фурнитура для окон из дерева	182
7.6. Наклонно-поворотная фурнитура для окон из алюминия	184
7.7. Поворотная фурнитура	184
7.8. Фурнитура для фрамуг	187
7.9. Системы автоматического открывания	188
7.10. Наклонно-сдвижная фурнитура	191
7.11. Подъемно-сдвижная фурнитура	194
7.12. Сдвижная-складная фурнитура	195
7.13. Размерный ряд для систем фурнитуры	196
7.14. Щелевое (зимнее) проветривание	199
7.15. Петлевая группа	201
7.16. Диаграммы ограничений по размерам створки	209
7.17. Критерии надежности и долговечности систем фурнитуры	210
7.18. Технологические особенности установки фурнитуры на оконных конструкциях	212
7.19. Системы сигнализации	215
7.20. Правила эксплуатации оконной фурнитуры	216
ГЛАВА 8. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОКОННЫХ СИСТЕМ	217
8.1. Рольставни, ставни, жалюзи	217

ГЛАВА 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОКОННЫХ СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ	225
9.1. Назначение размеров элементов. Выбор сечения оконного профиля. Правила расчета ветровых нагрузок	226
9.2. Технология установки и закрепления оконных блоков	237
9.2.1. Температурный режим в узле примыкания окна к наружной стене	237
9.2.2. Правила закрепления оконных блоков в стенах	239
9.2.3. Принципы устройства монтажных швов. Назначение толщины и применяемые материалы	241
9.2.4. Установка оконных блоков в стенах. Разработка узлов примыкания ...	245
ГЛАВА 10. ВИТРАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ОСТЕКЛЕНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	252
10.1. Фасадные системы	253
10.2. Зимние сады	259
10.3. Светопрозрачные межкомнатные перегородки	267
ПРИЛОЖЕНИЯ	271
Приложение 1. Основные профили системы Veka Softline AD. Комбинации основных профилей системы Veka Softline AD ...	271
Приложение 2. Армирующие профили системы Veka Softline AD	279
Приложение 3. Дополнительные профили системы Veka Softline AD	284
Приложение 4. Таблицы для статического расчета оконных конструкций на ветровую нагрузку. Система Veka Softline AD	293
Приложение 5. Зависимость толщины монтажных швов от геометрических размеров оконного блока	296
Приложение 6. Максимальные размеры окон из профилей системы Veka Softline AD	297
Приложение 7. Профили VEKA с пленочным покрытием. Стандартные цвета	После
Приложение 8. Профили VEKA с пленочным покрытием. Нестандартные цвета	После
Приложение 9. Наклонно-поворотная фурнитура для окон различной формы	300
Приложение 10. Диаграммы для определения размеров открывающихся створок	303
ПОСЛЕСЛОВИЕ	309
ЛИТЕРАТУРА	310

Предисловие к украинскому изданию

Уважаемые читатели, перед вами — украинское издание книги «Проектирование современных оконных систем гражданских зданий». Впервые этот труд увидел свет в апреле 2001-го — в год 80-летнего юбилея ведущего строительного вуза России — Московского Государственного Строительного Университета (МГСУ — МИСИ). Учебник, разработанный на кафедре Архитектуры МГСУ, вызвал огромный интерес как среди архитекторов и проектировщиков строительных конструкций, так и непосредственно у производителей окон и комплектующих.

Уже в декабре 2001 года спонсоры первого издания, компания «**VEKA AG**» (Германия) и немецкий концерн «**SIEGENIA — AUBI**» инициировали второе издание книги — расширенное и дополненное, со значительным увеличением тиража. А в августе 2004 года, по инициативе этих же компаний, была начата подготовка украинского издания книги.

И в этом нет ничего удивительного, поскольку на сегодняшний день все то, что связано с проектированием, производством и монтажом окон и остекленных фасадов, является направлением наиболее молодым, перспективным и динамично развивающимся из всего многообразия ограждающих конструкций.

Действительно, если повнимательнее присмотреться к цифрам, начало производства современных систем оконной фурнитуры относится к послевоенному периоду, приблизительно в это же время открывается первое производство стеклопакетов, а первое окно из ПВХ было запущено немецкой фирмой «Trosal» в серийное производство только в 1954 году.

Сопоставимый с жизнью одного человека период продолжительностью в 50 лет для строительных технологий возраст более чем скромнен. Так, железобетон известен строителям вот уже более двух веков, при этом теория его расчета, основанная на методах сопротивления материалов, сложилась уже в конце XIX века.

Очевидно, что для глубокого и фундаментального освещения всех вопросов, связанных со светопрозрачными конструкциями, как уже отработанных, так и находящихся в стадии развития, потребуется не один том. Но мы такой цели при подготовке издания не преследовали.

Предлагаемая вашему вниманию книга предназначена, прежде всего, для студентов строительных ВУЗов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Как и любой учебник, она направлена на то, чтобы сформировать у будущего профессионала определенную систему базовых знаний. Во втором издании, помимо описания конструктивных систем как таковых, уделено немало внимания технологии производства всех основных комплектующих для оконных конструкций и непосредственно самих окон. Мы предполагаем, что будущий

инженер-проектировщик должен уметь квалифицированно поставить задачу производителю, изначально не выходя за рамки его потенциальных возможностей. Без реального представления о возможностях технологического процесса практически невозможно найти требуемую золотую середину между архитектурно-композиционной выразительностью и грамотным конструктивным решением, эффективным с точки зрения производственных трудозатрат и монтажа.

Аналогично первому изданию, основной упор в книге сделан на профильные системы из поливинилхлорида — как наименее знакомые для отечественных проектировщиков, так и наиболее «молодые» с точки зрения общемировой тенденции развития оконной техники и строительных технологий как таковых. Этот раздел существенно дополнен новыми идеями и разработками концерна «ВЕКА», а также результатами аналитических и экспериментальных оценок оконных конструкций, установленных в жилых зданиях и обследованных авторами с целью подготовки экспертных заключений. Мы также надеемся, что наш опыт, накопленный при проектировании и возведении остекления реальных объектов, может представлять интерес как с точки зрения статистики профильных систем, так и с точки зрения эффективного использования различных систем остекления и оконной фурнитуры.

Наиболее серьезным отличием данного издания является расширенное представление информации о системах оконной фурнитуры, что является для отечественных проектировщиков и архитекторов областью еще менее знакомой, чем профильные системы из ПВХ. Вместе с тем, возможности фурнитуры, несущей на себе значительную функциональную нагрузку в открывающихся окнах и межкомнатных светопрозрачных конструкциях, являются одним из определяющих факторов при проектировании интерьеров. При этом технические ограничения по ее применению, совместно с ограничениями профильных систем, практически полностью определяют возможности архитектора в решении фасадов. Не следует упускать из виду и тот факт, что отказы в работе запорных устройств занимают одно из первых мест в списке рекламаций, предъявляемых к оконным фирмам. Краткое описание конструктивных особенностей профильных систем из алюминия и дерева дано в книге в основном в качестве иллюстрации для анализа работы систем фурнитуры.

В настоящем издании значительно расширено представление информации о прочностных свойствах стекла и стеклопакетов — направлении, не новом для Украины, но вместе с тем не освещавшемся ни в одном учебном курсе строительных специальностей.

К сожалению, при написании книги нам не удалось воспользоваться в достаточном объеме результатами исследований Института Оконной Техники в г. Розенхайм с точки зрения исследования теории оконных систем, что, безусловно, обогатило бы эту книгу и сделало ее более глубокой и фундаментальной. Вместе с тем, мы надеемся, что наша оценка оконных конструкций (прежде всего с применением профильных систем из ПВХ) с точки зрения их использования в условиях суровой зимы, может быть интересна специалистам во многих странах.

Мы выражаем огромную благодарность сотрудникам оконных фирм и частным застройщикам, предоставившим информацию об опыте эксплуатации современных оконных конструкций, бесценном с точки зрения накопления критического опыта.

Мы также выражаем искреннюю благодарность всем, кто высказал критические замечания в адрес первого издания, а также свои пожелания относительно второго.

Предлагаемое издание может быть использовано в лекционных курсах, курсовом и дипломном проектировании, а также при проведении практических занятий и лабораторных работ.

Мы также надеемся, что настоящий учебник хорошо послужит в качестве рабочей настольной книги практически для всех ныне действующих специалистов, занятых в фирмах по переработке и монтажу оконных конструкций, прежде всего из ПВХ.

Авторы выражают огромную благодарность генеральным спонсорам украинского издания — немецким концернам «SIEGENIA-AUBI KG» и «VEKA AG», предоставившим, кроме того, огромное количество ценнейшей научной и технической информации по самым передовым и перспективным разработкам своих предприятий.

Глава 1 написана доктором архитектуры проф. Ткачевым В.Н., главы 7, 9 и 10 — к.т.н. Борискиной И.В., главы 2, 3, 4, 6, 8 — к.т.н. Борискиной И.В. и к.т.н. Плотниковым А.А., глава 5 — к.т.н. Борискиной И.В. и к.т.н. проф. Захаровым А.В.

Авторы книги будут искренне благодарны за отзывы и критические замечания.
E-MAIL: iraborisk@mtu-net.ru; plaa@ok.ru

VEKA AG: КРУПНЕЙШИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПРОФИЛЬНЫХ СИСТЕМ ИЗ МЕТАЛЛОПЛАСТИКА

Зенденхорст Немецкая фирма **VEKA AG** с оптимизмом вступила в новое тысячелетие. Этот крупнейший производитель профильных систем из металлопластика успешно расширяет свои позиции на мировом рынке. В 2004 году оборот предприятия достиг 570 млн. евро.

Разработка, производство и сбыт профильных систем для изготовления окон, дверей и жалюзи, а также пластин и пленок из полимерных материалов осуществляется не только в Германии, но и на зарубежных дочерних предприятиях. При этом учитываются требования различных рынков и индивидуальные пожелания заказчиков. Кроме того, **VEKA** предлагает своим партнерам разностороннюю поддержку, знакомит со специальным программным обеспечением, организует семинары и мероприятия по развитию маркетинга.

Соблюдение обязательств по отношению к деловым партнерам, высокое качество продукции, крупные инвестиции, направленные на развитие оконного бизнеса, обеспечивают фирме неизменный успех.



Это семейное предприятие, основанное более тридцати лет назад, уделяет важную роль оптимизации производства и бережному использованию природных ресурсов. В тюрингском городе Берингене **VEKA** построила высокоэффективную установку по вторичной переработке ПВХ. Старые пластиковые окна перерабатываются в материал, который затем используется для безотходного производства новых профилей, что, в конечном счете, способствует защите окружающей среды.

ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН И СИСТЕМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ

История немецкой фирмы **SIEGENIA-AUBI KG**, охватывающая уже четыре поколения, всегда характеризовалась изменениями, ориентированными на потребности времени.



Административное здание **SIEGENIA-AUBI KG** в г. Зиген (Германия)

Предприятие было основано Вильгельмом Йегером в 1914 году и было ориентировано на нужды приборостроительной промышленности. Его зять — Адольф Франк — постепенно изменил производственную программу в сторону мелкого скобяного товара и фурнитуры для немецкой мебельной промышленности. Завершив восстановление производственных мощностей после второй мировой войны, его внук — Герхард Франк — с учетом огромной потребности того времени в строительных элементах вывел фирму на позиции ведущего поставщика фурнитуры и систем проветривания для оконной промышленности Европы.

В 1998 году в предприятие **SIEGENIA-FRANK KG** интегрируется немецкое предприятие **AUBI** — широко известный в Европе производитель высококачественных систем фурнитуры.

В настоящее время под руководством правнука Вильгельма Йегера — Виланда Франка — предприятие **SIEGENIA-AUBI KG** занято разработкой и производством целой гаммы продуктов, призванных удовлетворить потребности человека в комфортном и здоровом климате жилого и административного помещения.

SIEGENIA-AUBI KG имеет представительства во многих странах мира, в том числе в Киеве и странах СНГ.

ГЛАВА 1. ОКНА В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЯ

История окна как обязательного атрибута организованной среды обитания сложилась последовательно с формированием этой среды, соединившей, в самом общем понимании комфорта, требования обитателя к свету, теплу, безопасности — уровень технического прогресса во всех его проявлениях.

Поиску функциональной определенности окна как части здания сопутствовали характерная, особенно для древней архитектуры, сакрализация (святость — в религиозном понимании) его роли в жилом пространстве, а затем и использование его как средства архитектурной композиции при работе над художественным образом здания и его стилистикой.

Современная архитектура освободилась от метафизических представлений о предметном мире и ориентируется прежде всего на соображения антропометрии* и эргономики*, технологический прагматизм и качественные эксплуатационные характеристики, набор которых постоянно растет, удивляя техническими новинками.

- Антропометрия — система измерений человеческого тела и его частей в антропологии — науке о происхождении и эволюции человека.
- Эргономика — наука, изучающая деятельность людей в условиях современного производства с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда.

Но и психологическое воздействие окна на восприятие человеком цивилизованного пространства еще рано сбрасывать со счетов. *В интерьере окно — необходимый интервал обзора, «удлиняющий» взгляд за пределы замкнутого помещения, это связь с внешним миром, инструмент ориентации, дающий подсознательное, но важное чувство пространственной уверенности.* Фасады домов без окон воспринимаются глухими, непреступными, безглазыми, не позволяющими понять их масштаб и назначение.

Равным образом могут быть оценены и сооружения, в которых антропометрическая сущность окон как средства визуального познания объекта замаскирована формальным рисунком вертикальных и горизонтальных членений.

Положительная или отрицательная оценка архитектуры различна с точки зрения обывателя и профессионала-проектировщика. Общественное мнение, как правило, консервативно и предпочитает понятные, пусть и устаревшие схемы видения многоэтажного дома как этажерки из одноэтажных домов с «нормальными» окнами (рис.1.1). Профессиональное мышление проектировщиков уже не ограничивается масштабными соотношениями, заданными размерами и позицией окон каждого этажа, а направлено на решение укрупненных задач, соразмерных городской среде в целом (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Здание Релайенс. Чикаго, США, 1984 г.

С этой точки зрения пропорции и членения окон в неявном виде учитываются в общей формуле решения выразительного облика сооружения, адекватная оценка которого устанавливается на дальней дистанции. С приближением к дому интерес наблюдателя переводится на другие объекты, также сомасштабные расстоянию их видения — малые архитектурные формы, фрески, панно, витражи. Наблюдатель различает техническое изящество переплетов и безупречную прозрачность окон.



Рис. 1.2. Кооперативный универмаг Секешфехервар. Венгрия

В этом заключается маленький профессиональный секрет проектировщиков городской среды – умение перевести интерес и внимание обитателя от обобщенной эстетики крупномасштабных масс, наблюдаемых издалека (где детали имеют значение только в их совокупности), к тонким акцентам, воспринимаемым на расстоянии «вытянутой руки».

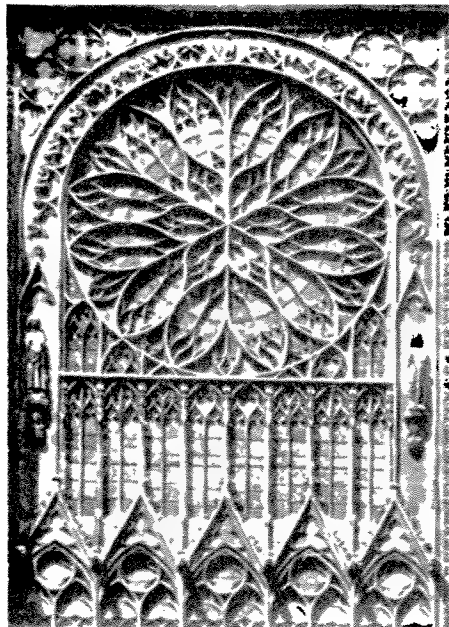


Рис. 1.3. «Роза» кафедрального собора в Амьене. Франция

Отметим, что технология ручного строительства на многие века определила масштабную специфику тектонических* соотношений масс и деталей фасадов, концентрацию внимания на «штучных» элементах, особенно окнах с тонкой моделировкой их членений и декора. Так что резные наличники деревенских окон и тонкие рельефы готики – не просто результат ручного художественного творчества: принцип «вытянутой руки» есть основополагающий базис эстетики «исторической» архитектуры (рис. 1.3).

- Тектоника (или «архитектоника» от греч. *Architektonike* – «строительное искусство») – художественное выражение закономерностей построения конструктивной системы здания.

Нам еще придется заострить этот вопрос в связи с особенностями современной отечественной строительной практики, обратившейся к реконструкции и реставрации существующего капитального фонда. Приступы ностальгии, господствующие в общественном менталитете последних лет, отражаются в городской архитектуре повышенным вниманием к восстановлению или имитации стилистики добротной «дворянской» эпохи или определенных направлений буржуазной культуры рубежа XIX–XX веков, воплощенной в модерне.

Но индустриальная архитектура слишком далеко ушла от изящных ордерных композиций* продуманных пропорций, от меланхоличного изыска ломаных и овальных линий оконных переплетов и кованых решеток балконов и лестниц буржуазных особняков, чтобы не возникло проблем возврата исторических форм, как художественных, так и технических. К ним мы еще вернемся в конце главы.

- Ордер — в архитектуре художественно переработанная логика сочетания несущих и несомых частей стоечно-балочной конструкции. Классическая ордерная система сложилась в Древней Греции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НИШИ

Если обратиться к некоему условному старту превращения случайных действий по приспособлению природных укрытий в систему сознательного устройства долговременного и безопасного обиталища, то, очевидно, главным мероприятием здесь было создание (или обозначение) границы между своим внутренним миром и чужим — внешним. Максимальную степень комфорта и безопасности предоставляло укрытие наиболее изолированное, сохраняющее связь с внешним миром только через отверстие входа. С этого времени можно начинать отсчет процесса выделения окна как светопроема, постепенно освобождаемого от функций входа и вентиляционного продуха.

Древнейшее жилище, полностью или частично заглубленное в землю, освещалось, в зависимости от пространственного решения, сбоку или сверху. Кадр проема формировался перекрещенными жердями и в непогоду мог прикрываться травяными циновками или плетнями.

Функции светопроема и входа разделились довольно быстро, а вот окно — вентотверстие сохранилось надолго в архитектуре многих народов. Народные жилища Кавказа — армянский глхатун и грузинский дарбази — сохраняют, в сущности, древнейшую схему организации жилого пространства в землянке (рис. 1.4). Их жердевые перекрытия формируют подобие плоского купола, завершенного световым отверстием. Подобные перекрытия — признак дефицита древесных материалов достаточной длины — встречаются и в горных селениях Памира.

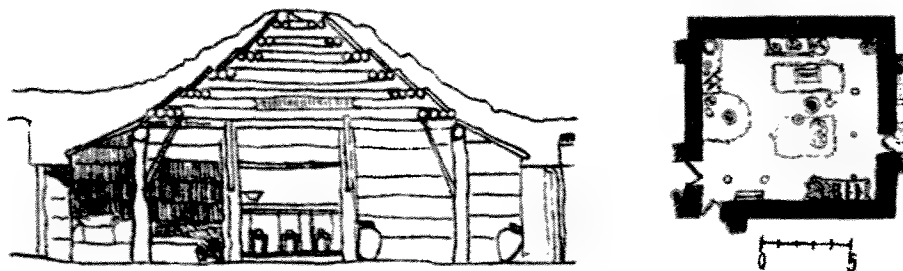


Рис 1.4. Глхатун — армянское народное жилище. Разрез. План

О. Шуази, комментируя книгу римского историка Витрувия «Об архитектуре», упоминает о так называемых «гипетральных храмах», не имеющих окон и освещавшихся через отверстие в крыше над всем центральным помещением (целлой). По легенде, через подобное отверстие греческого храма Парфенона Зевс ударил молнией в пол святилища, выразив тем самым удовлетворение величию статуи Афины, изваянной знаменитым скульптором Фидием. В общем же древнегреческие храмы не имели окон; свет проникал в помещение через просторные проемы дверей.

Верхнее освещение гигантских залов храмовых комплексов Древнего Египта обеспечивалось превышением их центральной части над остальным помещением, формируя так называемый базиликальный* разрез с боковым освещением от верхних окон. Это же решение можно найти в пространственном решении средневековых базилик Западной Европы (рис. 1.5).

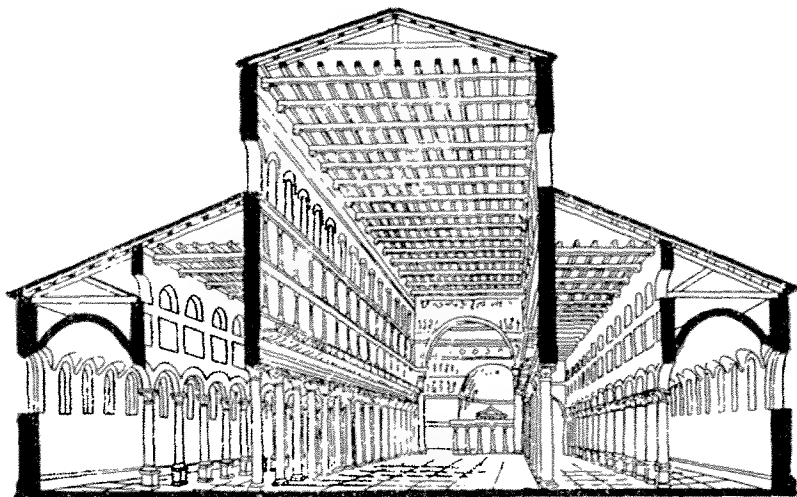


Рис 1.5. Реконструкция базилики св. Петра в Риме. Разрез

- **Базилика** (от греч. *Basilike* — «царский дом») — прямоугольное в плане здание, разделенное внутри рядами колонн или столбов на продольные части — нефы. Средний неф, более высокий, освещается через окна над крышами боковых нефов. В известном смысле освещение базилики можно считать прообразом современных светоаэрационных фонарей, применяемых в промышленных зданиях.

«Свето» — вентиляционный проем юрты кочевников Средней и Центральной Азии, решается в сборном варианте. Это отдельно изготовленное колесо со своеобразными ступицами — переплетами разной конфигурации и конструкции, включенное в пространственную схему юрты как верхний опорный элемент для жердей каркаса купола (тоона).

Известный памятник архитектуры римский Пантеон закрепляет своей формой силуэт древнего средиземноморского жилища: протоантичного мегарона, итальянской хижины и купольного завершения домов Двуречья, — давших начало антропоморфным храмам. Любопытно, что световое отверстие Пантеона, так эффектно пропускающее солнечные лучи сквозь синеватую дымку курений, образовано логикой купольной конструкции — изъятием из нее самого ненадежного участка — горизонтальной скуфьи, верха купола (рис. 1.6). В последующем, благодаря византийским разработкам, купола с различными вариантами световых отверстий: с барабанами надстроенных куполов или без них — применяют в культовом строительстве Западной Европы, Руси, мусульманского Востока.

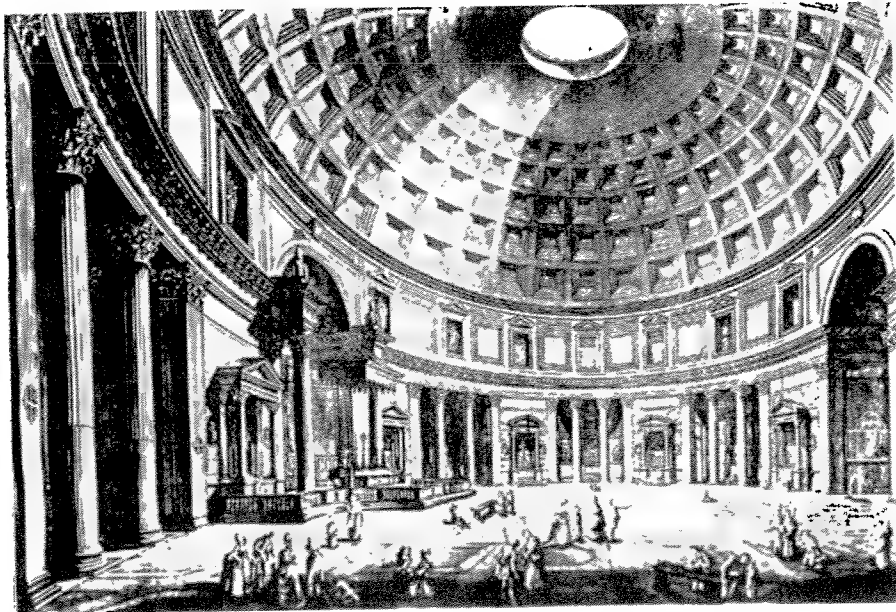


Рис. 1.6. Римский Пантеон. Интерьер. Рисунок Д. Б. Пиранези

Вынесенные за пределы функциональной схемы «человек — окно — внешняя среда», верхние светопроемы подвергаются конструктивной и художественной обработке в силу необходимости их включения в формальную композицию интерьера или фасада.

Со строительством крестовокупольных церквей на Руси связана интересная техническая находка, реализованная в способе прорезки окон в массиве храмовых стен. Вертикальные узкие подзакомарные* окна имеют в плане вид воронки, раскрытой внутрь. Окно работает как камера, позволяя солнцу проникать в интерьер церкви длительное время в течение дня.

- Закомара — в русской архитектуре полукруглое или килевидное завершение части наружной стены здания; повторяет очертания расположенного над ней свода.

При всем разнообразии размещения светопроемов в объеме здания наиболее широкий диапазон конструктивных и художественных разработок приходится на долю окон, расположенных в плоскости фасадов.

ОКНО КАК САКРАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Сакральная символика строится не на пустом месте, а опирается прежде всего на функциональные связи материального мира. Лишь затем, скроив общую сюжетную канву, фантазия мифотворца порывает с материальным происхождением сакральной идеи и komponует образ символа и ритуальный спектакль вокруг него по собственным законам.

В верованиях и мифах народов древней и «традиционной» культур окно чаще всего выступает атрибутом действий таких сакральных персонажей как солнечный и лунный свет, ветер, злые и добрые духи, проникающие в дом именно через окно, а не через дверь, оставляемую, как правило, для входа существ, обладающих осязаемым телом.

Попытки проникновения злых духов через тооно (вентиляционный проем) юрты кочевников пресекаются специальным орнаментом на ободке и ступицах, войлочном откидном покрытии.

Этим же тооно пользуются для определения времени дня по движению солнечного пятна от верхнего отверстия (рис. 1.7). Связанный с делением юрты в плане на 12 секторов в соответствии со звериным календарем, этот способ отсчета времени дает часам романтические названия — час петуха, час быка, тигра. Вообще практика анимизации сил природы и страх перед ними способствуют выработке различных приемов защиты от злых духов, проникающих в дом через окна. Тибетцы, отгоняющие птиц от зерна, рассыпанного для просушки на плоских крышах жилищ, флажками или пучками лент, развевающихся по ветру, аналогичным способом защищают от духов и окна, вывешивая на них ленточную бахрому.

В христианских церквях крестообразные переплеты окон служат защитой храма от нечистой силы. Любопытно, что в глухой оболочке чума селькупов (народа, населявшего в древности юг Сибири) функции светопроема для наблюдения за окружающим миром и, конечно, защиты жилища, выполнял нарисованный на дверном пологе глаз.

Сакральные функции устрашения или, наоборот, благоволения, с окна как такового постепенно были перенесены на выразительную защитную символику обрамления и сопровождающего декора, на священные тексты и заклинания. Отсутствие окна по функциональным причинам могло возмещаться его изображением как по сакральным, так и просто по композиционным мотивам организации фасада или интерьера.

В помпейских домах глухие стены интерьеров расписывались в виде пейзажей, заключенных в рамку окна или нарисованной галереи. В современных интерьерах, имеющих глухие стены, имитация светопроемов достигается устройством слайдблосков с крупноформатными цветными подсвеченными фотографиями, эффективно снимающими психологическую изолированность пространства. К этому же разряду визуальных эффектов относятся панорамы. В конце концов, каждая картина есть окно в изображаемый художником мир.

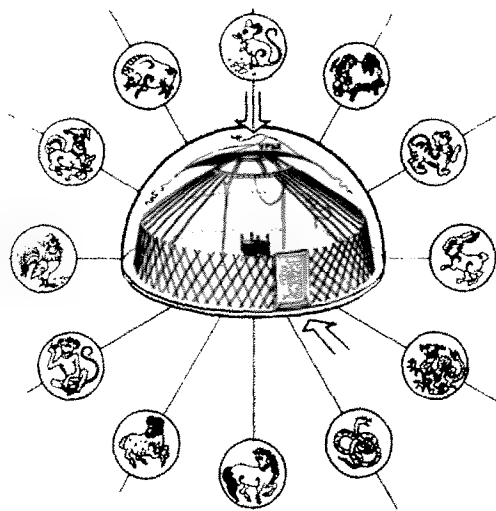


Рис. 1.7. «Звериный» календарь, совмещенный с планом юрты

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

Конструктивным решением окна суммируется учет разнообразных требований:

- уровень освещенности;
- прочность и долговечность светопрозрачных ограждений;
- эстетика пропорций и членений;
- дополнительные функции: звуко- и теплоизоляция, вентиляция, системы открывания;
- наличие защитных устройств — жалюзи, решеток, ставней, экранов.

Конкретные габариты окна складываются исходя из пространственного решения помещения в целом. Независимо от высоты последнего, низ окна (подоконник) устраивается, как правило, на высоте 80–100 см от уровня пола (в жилых домах), а верх — ниже потолка по меньшей мере на толщину перемычки и с учетом места подвески карнизов для крепления штор. Компоновка функционально — конструктивного разреза стены по окнам и дает геометрическую канву для решения фасада — по крайней мере, его членений по вертикали.

Основными элементами проема являются вертикальные срезы стены (косяки) и перемычки, определяющие размеры окна, обеспечивающие конструктивную защищенность рамы и компенсирующие нарушение прочности стены. В окончательном виде конструкция может быть акцентирована декором или выступать неявно, скрытая наличниками, штукатуркой, деталями украшений, переводя тектонику масс в плоскость художественной выразительности.

Функционально необходимые размеры окна диктуются не столько необходимой освещенностью, сколько конструктивными возможностями стенового материала.

Размеры окна в деревянном срубе заданы прочностными параметрами межконных простенков и венцом в уровне перемычки, и закрепляются зональными традициями плотницкого ремесла.

Ввод в плоскость проема импостов и переплетов вызывался потребностью промежуточных опор для более широких окон и характером светопрозрачного материала. Системы промежуточных стоек и горизонтальных ригелей обеспечили независимость проектирования окон в ширину и высоту от стеновых нагрузок, но визуально должны были демонстрировать тектонику фасада, впечатление его устойчивости и композиционной логики. Выступающие на фасаде крупные конструктивные элементы окон либо участвовали в декоративных «играх», либо маскировались стеклянной плоскостью окна, отступая в глубину помещения (рис. 1.8).

Долговечность деревянных перемычек в каменных, кирпичных, глинобитных домах зависела от условий эксплуатации и выбора древесины, предпочтительно устойчивой против гниения. Процесс замещения деревянных горизонтальных перемычек арочными каменными во многом стимулировался частыми пожарами. Многие крупные сооружения европейского средневековья, особенно романского периода, хранят следы этого замещения.

Арочными перемычками частично решалась проблема пожарной безопасности, но взамен появилась необходимость погашения усилий горизонтального распора, максимальных для пологих арок, уравновешенных широкими плоскостями толстых стен, и минимальных для стрельчатых, высвобождающих от тяжеловесных инертных масс готические каркасы.

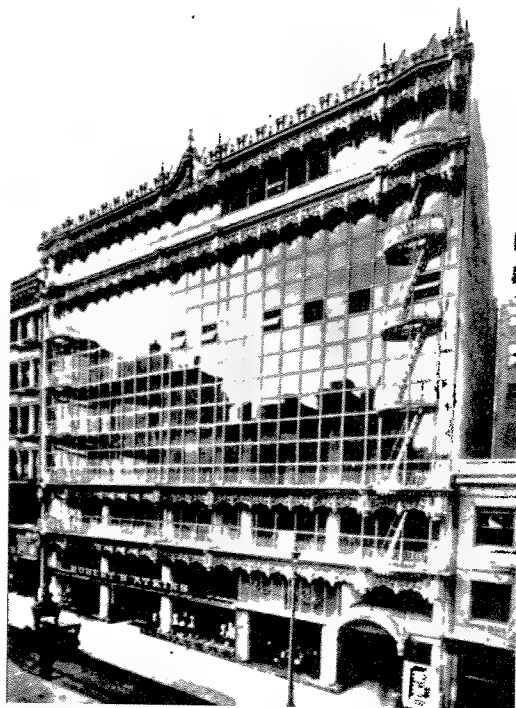


Рис. 1.8. Здание универмага. Сан-Франциско, США, 1918 г.

Крупнейший архитектор — реформатор XX в. Ле Корбюзье, отмечая роль новых материалов в архитектурном творчестве, писал в книге «Лучезарный город»:

«Окно — один из важнейших элементов дома. Новейшие средства раскрепостили окно, железобетон произвел настоящую революцию в его истории. Окна могут быть протянуты вдоль всего фасада, от одного конца до другого» (рис. 1.10).

Относительной гарантией от разрушения была правильная циркулярная форма арок завершения, возводимых по опалубке. Большую уверенность давали двухслойные арки, т.е. арки с перекастом, модификация которых представлена окнами дворцов итальянского Возрождения, реанимировавшего строительный опыт античности. Внешняя арка принимает на себя вес стены, две (или три) внутренние арки уравнивают друг друга опорой на центральный импост. Есть и другие варианты этой тектонической системы, проштудированные, в частности, византийской архитектурой (рис. 1.9).

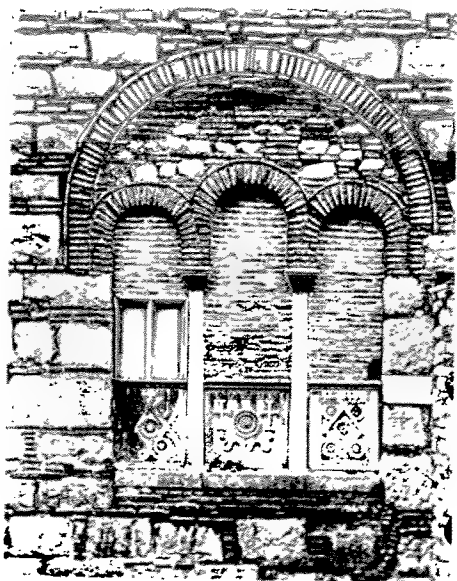


Рис. 1.9. Арочный проем окна церкви Св. Луки в Фокиде, Греция, XI в.



Рис. 1.10. Вилла в Гарше, Франция, 1927 г.

Но не только использование прочностных качеств железобетона открыло более широкие возможности в архитектуре. Индустриализация строительства, повышение уровня его сборности, преобладание каркасных систем с навесным ограждением позволили перейти от окна как штучной детали фасада к широкому остекленному витражам, гармонично противопоставленным по форме и фактуре глухим поверхностям стен. Перерастание функций окна как отдельного проема стены в полностью светопрозрачное ограждение (окно — стена) и конструктивная обеспеченность этого морфологического перехода решили давно назревавшие проблемы архитектуры зимних садов, бассейнов, атриумов и других пространственных элементов архитектуры, опосредующих интерьер и внешний мир.

Буферная роль таких пространств в современном городе очевидна, особенно в экологически небезопасной атмосфере его центральных кварталов. Психология ускоренного ритма городской жизни материализуется экспрессией фасадных и объемных композиций новостроек, перерастающих масштаб сложившейся городской среды. Обширные стеклянные поверхности либо обобщают объемы здания, скрывая его внутреннюю структуру за дымчатым или зеркальным стеклом, либо, напротив, демонстрируют жизнь интерьеров, движение лифтов сквозь прозрачную оболочку. Супермодернистские упражнения включают и упрощенные компьютерной графикой формы исторической архитектуры.

Существенное влияние на масштабность и художественный облик окна оказывает конструкция заполнения — переплеты, импосты, вставки, рисунок которых обусловлен размерами проемов, климатическими обстоятельствами, материалом заполнения, художественными соображениями.

Для относительно мягкого и теплого климата характерно решетчатое заполнение окон, лишь препятствующее залетанию птиц и создающее визуальный экран. Таковы решетчатые окна Китая и Средней Азии. Традиционная архитектура японского жилища показывает варианты заполнения как решетками, так и экранами из рисовой бумаги на легком каркасе, пропускающими свет, но задерживающими нескромный взгляд.

Крупные проемы, например, витражи готических соборов, имеют базовые несущие элементы каркаса заполнения, в кадре пересечения которых дополнительные переплеты формируют рисунок изображения.

Включение стекла в оконные ограждения демонстрирует результаты совершенствования технологии его изготовления: вначале кронгласа, который получили, выливая горячую стеклянную массу на вращающийся стол из толстой деревянной доски. Центробежная сила расплющивала массу в плоский круг небольшого диаметра. Окна из кронгласа характерны для византийской архитектуры. Лишь в последующем, с повсеместным использованием стекла с XVI в., его стали окрашивать в процессе варки, выдувать, резать на относительно тонкие куски.

Но прежде довольно длительное время оконные проемы, особенно в северных странах, затягивались рыбьими или бычьими пузырями, слюдой, расписным полотном, которое для лучшего светопропускания пропитывали растительным маслом и вываривали, что, кстати, привело к изобретению масляных красок, размешиваемых на олифе. С началом использования стекла рисунок переплетов становится все более крупноформатным, в меру развития технологии стекольного дела. Так, если для средневекового окна характерны мелкие квадратные ячейки переплетов, иногда заполняемые разноцветными стеклами, то новейшая строительная практика ориентируется прежде всего на достижение максимального эффекта светопропускания, опираясь на прочностные показатели современного стекла и делая уступку только композиционным соображениям, зависящим от общего архитектурного замысла и визуальной оценки пропорционально-тектонического образа сооружения.

С установлением приоритета стекла как основного материала заполнения оконных проемов главные усилия сосредоточились на усовершенствовании и заданности его качеств. Были разработаны технологии получения стекла высокой прозрачности. Прочность достигалась увеличением толщины стекла, его закалкой, армированием металлической сеткой и пленками, корректировкой его химического состава. Армирование позволяет к тому же сокращать опасность травматизма людей при резких разрушениях стекла.

Требования к различным режимам светопропускания также не остались без внимания. Окраска стекла за счет химических добавок обеспечила архитектуру весомым средством решения художественных и практических задач — достаточно упомянуть витражи готики и модерна, окна с тонированным стеклом, освещающие интерьеры специальных производств и лабораторий. Стекло специального химического состава реагирует на уровень освещенности и снижает эффект перегрева.

Современное окно превращается в довольно сложный с точки зрения функциональной нагрузки и конструктивного исполнения агрегат. Точность подгонки переплетов, включение антивибрационных прокладок, пакетирование оконных блоков выявило необходимость специального решения вопросов вентиляции (ранее за счет естественных зазоров в деревянных переплетах и несовершенства их исполнения воздух свободно циркулировал даже через закрытое окно).

Простейшие форточки, нередко представляющие «неудобную» деталь, которую вынуждены учитывать архитекторы при разработке художественного образа здания, в настоящее время заменяются либо специальными отверстиями с механизмами регулирования, либо системами манипуляции фрамугами, размер и конфигурация которых допускает большую маневренность проектирования.

Разработка стеклопакетов приблизила звуко- и теплоизолирующие свойства окон к показателям стены. Теплое межстекольное пространство позволило снять фактор «обреченности» художественного образа здания, например, на севере, где глухие с небольшими окнами поверхности стен представляют зональный признак архитектуры. В число атрибутов окна уже повсеместно, а не только на юге, включаются светозащитные устройства: наружные козырьки, маркизы, вертикальные щиты и жалюзи, прочные шторы на барабанах, в интерьере — элегантные жалюзи легких конструкций.

Ставни применяются все реже, в основном для загородного строительства домов, в архитектурном образе которых акцентируется принадлежность к локальным традициям (южнорусские и украинские жилые дома, швейцарские шале). Металлические шторы и решетки окон и витрин с различной степенью деликатности маскируют обстоятельства своего существования.

Виолле ле Дюк — французский архитектор постнаполеоновской эпохи, в своих исследованиях и реставрационных работах уделял большое внимание конструктив-

ным предпосылкам архитектурной формы, в частности, техническому решению окон, их элементов: косяков, перемычек, импостов, рам, переплетов, ставней. Им предложены различные системы закрывания окон металлическими складчатыми и диафрагменными ставнями, рулонные шторы из металлических полос, крепящиеся к валу (рис. 1.11).

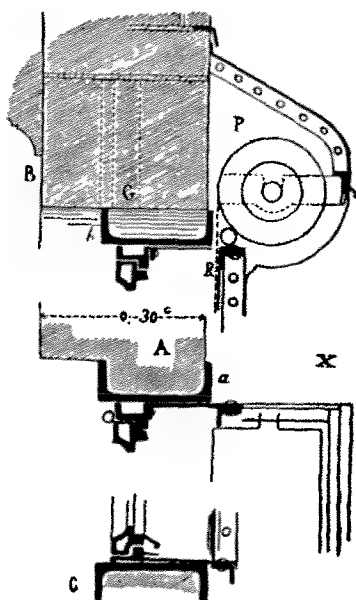


Рис. 1.11. Конструкция металлического каркаса окна и рулонной шторы (по Виолле де Дюку), XIX в.

В их конструкции уже были заложены принципы современных оконных систем из ПВХ: экструдированные профили рам и теплоизоляция металлической коробки, образующей в толще стены «мостик холода» (рис. 1.12).

Сложная геометрия раскреповок мансардных окон порождает конструктивные сложности и ненадежность гидроизоляции крыши. Размещение окна в плоскости скатов — прием, успешно эксплуатирующийся производителями окон типа «Велюкс», сняло технологическую напряженность устройства кровли и расширило возможности проектирования светопроемов.

Разработаны варианты мансардного окна, смягчающие дискомфорт освещения за счет наклонного светопроема. Здесь уместно вспомнить фразу о том, что архитектура преобразует недостатки обстоятельств в достоинства организованной среды.

В современной архитектуре при разработке проектов лишь антропометрические соображения, и то неявно, «помогают» проектировщикам формировать композиционную поверхность фасадов. Беспредельные конструктивные возможности, допускающие свободу выбора размеров и материалов светопроемов, играют отчасти дезориентирующую роль, что приводит к архитектурным явлениям, свидетельствующим о потере авторами чувства тектонической логики. Чтобы оттенить это обстоятельство, напомним, что образы северной русской деревянной избы или «круглого» храма в целом и деталях сложились благодаря техническим ограничениям: размерам сруба и подбору инструментов.

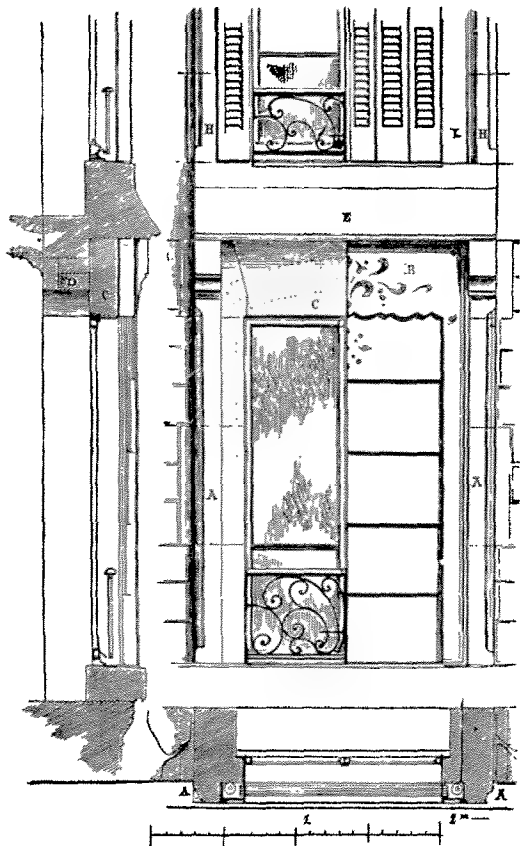


Рис. 1.12. Складные и шторные ставни окон (по Виолле де Дюку), XIX в.

Утрата опоры на техническую причинность архитектурной формы, в т.ч. и окна, конечно, не объясняет появление как безликих, так и экстравагантных сооружений. Знаком нашего времени становится амбициозность архитектуры, ее ярмарочная бутафорность.

ОКНО КАК ЭЛЕМЕНТ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Истоки архитектурной выразительности заложены в функциональной определенности сооружения и его отдельных частей. К числу факторов, формирующих художественный образ здания, относятся:

- тектоника, отображающая технологию возведения и конструктивно- весовые соотношения деталей и целого;
- пропорциональные соотношения видимых частей здания, заданные скрытыми (но понятными) соразмерностями этих частей функциональному процессу, ради которого здание строится, и человеку как масштабному модулю;

- соображения социального характера, в т.ч. амбиции заказчика относительно уровня импозантности сооружения, его лаконичности или декоративной насыщенности, сложившиеся для данной эпохи художественные традиции, этнокультурные константы;
- накопленный опыт художественной переработки и стилизации исходных образцов, особенно для декора.

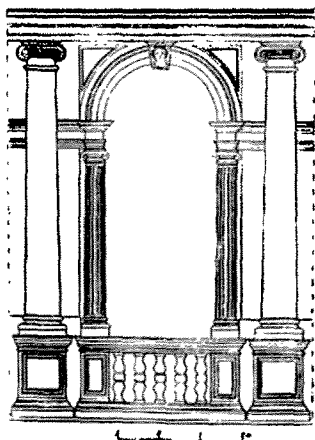
Как наиболее выразительный элемент фасада окно полностью подчинено действию означенных факторов.

«Несущими» формообразующими являются конструктивные и тектонические обстоятельства, обязывающие «..... придать применяемым материалам формы, вытекающие из природы этих материалов» (Виолле ле Дюк, «Беседы об архитектуре»).

История архитектуры последовательно отражает этапы технического совершенствования конструктивных решений светопроемов, сначала при их небольших размерах за счет собственной прочности стенового материала, затем с использованием венчающих перемычек, плоских или арочных.

В бревенчатой избе волоковое окно по размерам, конструктивной и функциональной простоте редко становилось объектом специальной архитектурной обработки. Точно так же малозначительные отверстия в каменной стене были обойдены интересом декоратора, за исключением особых случаев, когда ритмичный ряд небольших проемов расценивался как полноправный участок фасадной композиции.

Относительно крупные окна, перекрываемые перемычками, требовали большего внимания в этом смысле. Арочные перемычки выкладывались из хорошо обработанных и притесанных камней. Это было достаточно выразительным приемом не только для утилитарных, но и социально значимых сооружений в эпохи, эстетика которых тяготела к лаконичной и суровой простоте обнаженной каменной кладки, как, скажем, романская архитектура Испании, весьма скупая, кстати, в отношении окон. Поиски усиления выразительности арочного проема естественно сосредоточились на конструктивно важных и тектонически значимых частях арки: замковом камне и опорных пятах, получивших рельефные или прорезные украшения: в виде зооморфных изображений, раскрепованных полок и капителей, подсказавших и логику привлечения ордерных систем в композицию обрамления проема (рис. 1.13).



Стрельчатое завершение проемов в готической архитектуре исключило целесообразность акцентирования ключевого камня, зато выявило новые пути усиления выразительности — тянутый, как бы выжатый через фильтры, рельеф, выступающий как художественное отображение готической тектоники.

Рис. 1.13. Окно с арочной перемычкой. Итальянское Возрождение, XV в.

Виртуозная обработка камня — технологический признак европейской архитектуры позднего средневековья — дает наиболее богатую палитру пластических решений оконных обрамлений, освобожденных от античных ордерных канонов. Нельзя также забывать, что к художественным истокам этого этапа западной архитектуры причастны стилистические и художественные находки восточной культуры: народов Ближнего Востока, Мавритании, Индокитая, с феерической щедростью украшавших свои храмы. Усложненные профили кружевных арочных проемов здесь практически полностью утратили связь с изначальной конструктивной логикой, обозначая интерес зодчих лишь к решению художественных задач.

В деревянном зодчестве выразительность обрамления окна решается не приемами тектонической образности, а накладным декором, скрывающим места притески косяков к венцам и на провинциальный манер подражающим формам «большой» архитектуры. Техника резьбы наличников дает множество художественных мотивов, отличающих локальную декоративную стилистику домов северных и среднерусских деревень, вполне самостоятельную как архитектурное явление.

Впечатление органичной включенности окон в раскреповку фасада вызывают дома фахверковой конструкции, в которых рама проема образована деревянным каркасом стены (рис. 1.14). Слишком крупные с точки зрения антропометрии контуры окна разбиваются по вертикали и горизонтали тягами и импостами, обработанными, как правило, в ордерных традициях. Однако при отсутствии явных признаков несущих функций, которыми обладают, например, колоннада галерей и портиков, колонки оконного декора имеют обычно «расслабленные» формы: витые стволы, вытянутые по вертикали профили баз и капители, дополнительные накладные орнаменты и т.п. Неписанные правила позволяли вольно интерпретировать канонические ордерные системы в применении к окнам и мебели.



Рис. 1.14. Фахверковая конструкция усадебного дома. Англия, начало XX в.

Эпоха сложения стиля барокко оставила свой след в фасадных композициях созданием иллюзий многоплановых пространств, в связи с чем окна приобретают несколько слоев декоративной одежды со сменой их масштаба, перспективное сокращение рамного декора, усиление орнаментальной насыщенности.

Общая активизация фасадных форм в барокко доводит процесс усложнения конфигурации оконных проемов до полного освобождения от ортодоксальных представлений о статичности тектонической логики и превращают окно в центральный элемент динамичных пластических композиций. И, напротив, бум широкого использования металла в строительстве рубежа XIX-XX вв. способствовал не только переосмыслению конструктивных аспектов архитектурного творчества, но и дал мощный импульс художественной интерпретации технических возможностей металла. С одной стороны, металлокаркас позволил устранить ограничения размеров окон до их полного растворения в сплошной стеклянной поверхности здания (Хрустальный дворец Лондонской Всемирной выставки 1851 г., здание мастерских Баухауса в Дессау 1926 г.), с другой, ажур кованых металлических решеток вошел в кадр окна и ассоциативным сходством переплетов с паутиной, водными растениями, прозрачными крыльями стрекоз удовлетворил моду эпохи на природные формы, представленные миру работами немецкого биолога Э.Геккеля (рис. 1.15).

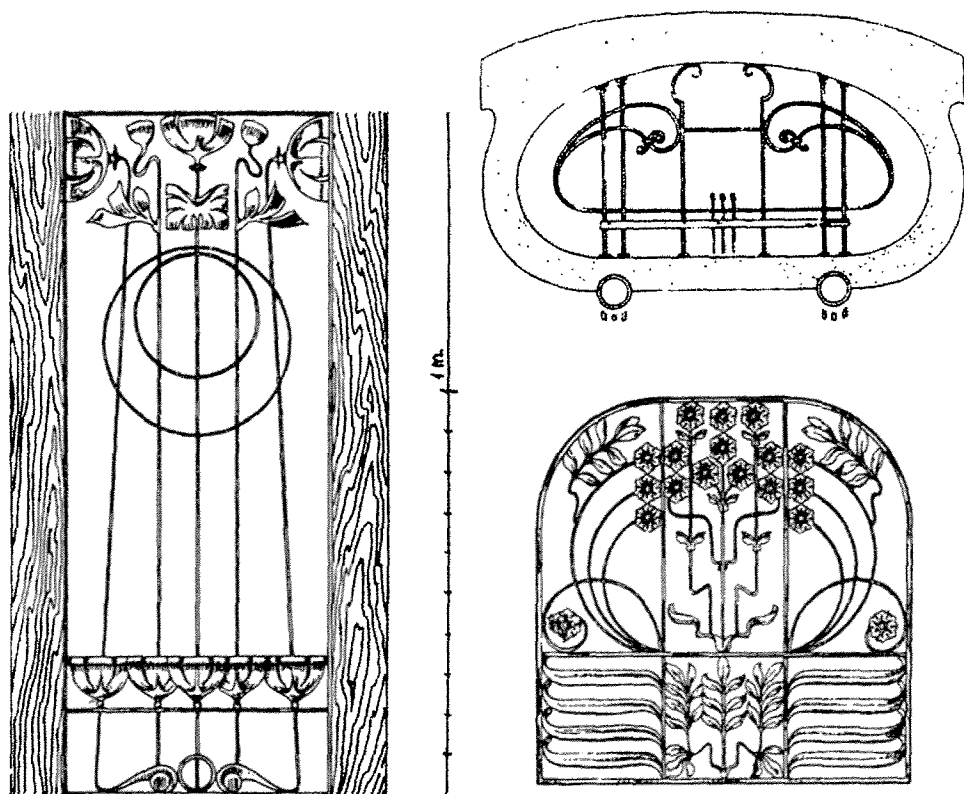


Рис. 1.15. Оконные решетки в архитектуре модерна, конец XIX в.

Изысканные формы модерна театрализуют весь декоративный репертуар оконных проемов, порой до ввода в композицию фантастических чудовищ и диких растений.

Вообще барокко (и его интерьерная параллель рококо) и модерн отмечены избыточной и тонкой декоративностью, традиционно венчающей архитектурные эпохи, начинавшие с образного освоения новых конструктивно – технических потенциалов строительной практики (рис. 1.16).



Рис. 1.16. Декоративное обрамление окон доходного дома. Франция, начало XX в.

Современная эстетика включения оконных проемов в фасадные композиции освобождается от антропометрических ассоциаций и нередко вообще исключает окно из композиционного текста фасада, как у большинства небоскребов Манхэттена (рис. 1.17).

При всем том появление в масштабно установившейся ткани городов зданий – супергигантов настолько агрессивно противостоит историческому окружению, что их авторам приходится включать в новостройки формы, предоставляющие мост к пониманию их размера и «подключению» к целостному образу существующей среды. Здесь неоценимую услугу оказывают окна, «знакомые» формы и габариты которых обеспечивают такую привязку.

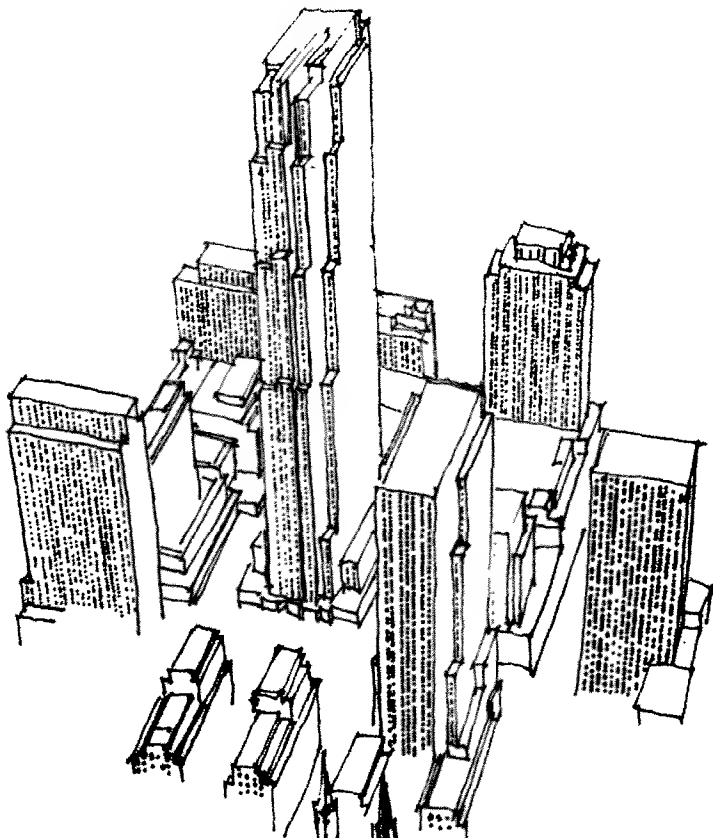


Рис. 1.17. Рокфеллер-центр в Нью-Йорке. Общий вид. США, 1940 г.

Процесс отчуждения изначального образа окна от его функционального старта нередко приводит к ироничным вариантам его возвращения в архитектуру фасада. Например, в полностью стеклянной стене вычленяются проемы, оформленные в «исторических» стилях, или деформируется сама оконная геометрия фасада — это выглядит безобидно на бумаге, но при реализации настолько опережает развитие общественного вкуса, что нет уверенности в его совпадении с авторским в будущем (рис. 1.18).

Конечно, речь не идет, предположим, о растеске оконных проемов Поганкиных палат в Пскове из-за того, что их нынешние окна не обеспечивают достаточной естественной освещенности. Но замена окон столярной работы прошлых веков в обычном здании гражданской архитектуры окнами индустриального изготовления с лаконичным рисунком переплетов, не повторяющим оригинал, а учитывающим только императив композиционных соображений «hic et nunc» («здесь и сейчас» — лат.), на наш взгляд, полностью допустима и должна быть освобождена от давления догм, какую бы высокую культурную цель они ни преследовали.

Бесспорно, форма и размер оконных проемов, рисунок переплетов отражают технические и стилистические особенности архитектуры своей эпохи, и составляют неотъемлемую часть художественного образа здания. И это относится не только к таким окнам, форма которых представляет наиболее активный элемент фасада (архитектура готики или модерна), но и к окнам «рядовым», претендующим не более чем на утилитарную роль, ибо стилистическая целостность формируется гармонией художественных акцентов и фонового ряда.

Подобные обстоятельства и составляют основу соображений, табулирующих для реконструируемых зданий модернизацию формы и конструкции оконных проемов, хотя последние наиболее выпукло демонстрируют факт обновления функционального и комфортного содержания здания, да и *весьма немногие архивные проекты имеют разработку оконных кадров — во всяком случае ни в увражах А.Палладио, ни в архитектурных альбомах М.Казакова нет и намека на рисунок переплетов. И, возможно, беспереплетное остекление окон в реставрируемых зданиях и есть наиболее тонкий и точный ответ на вопрос о стилистическом соответствии окна проектной идее в целом.* Очевидно, впрочем, что стандартных рецептов в стилистических играх при разработке проектов реставрации или приспособительной реконструкции не существует.

При всем том достаточная технологическая гибкость в индустриальном производстве оконных конструкций в принципе может обеспечить имитацию любых форм и материалов. Но возникает вопрос, нужны ли эти эстетизированные упражнения человеку современного менталитета, уже с иронией воспринимающего ностальгические эксперименты в архитектуре, к тому же недостаточно грамотные? И не будет ли лучшим доказательством преемственности в архитектуре просвечивающий сквозь новые окна исторического фасада деловой интерьер современного офиса.

Решение, подсказанное конкретной ситуацией, созревает при творческом суммировании исходной информации с оценкой культурно — исторического статуса сооружения, функционального задания и профессионального такта проектировщиков.

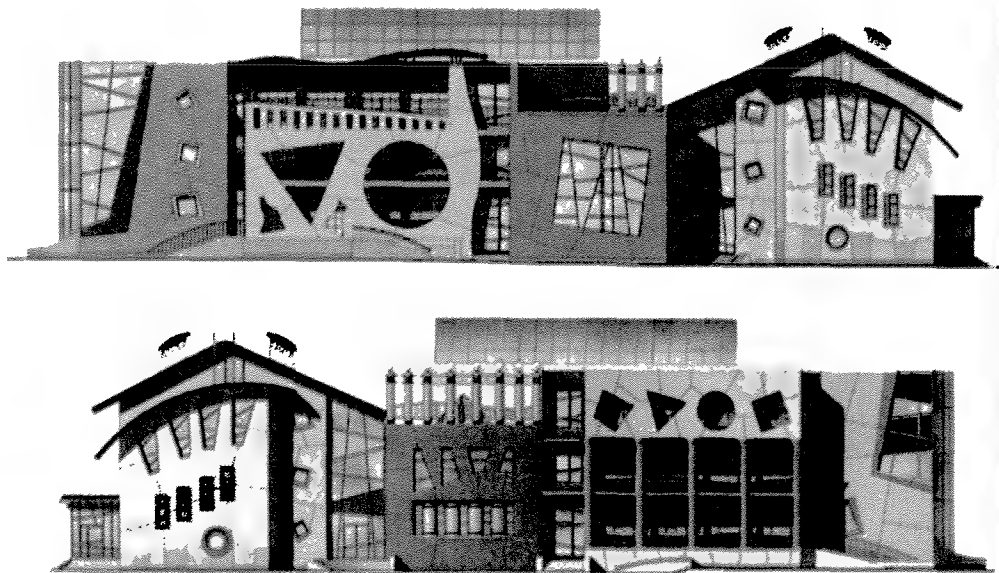


Рис. 1.18. Проект реабилитационного центра. Фасады. Москва, 2001 г.

НОВЫЕ ОКНА СТАРОГО ЗДАНИЯ

Одним из характерных признаков современной строительной деятельности является реконструкция сложившейся застройки, особенно актуальная в городах, фокусирующих деловые интересы в центральных кварталах исторической застройки высокой плотности. Основное требование городских властей (в архитектурном аспекте) к арендаторам исторических зданий — их реставрация (реконструкция) в состоянии, адекватное времени их сооружения. Идеалистичность этого требования очевидна, так как длительному времени существования здания сопутствовали многочисленные перестройки, перепланировки, перебивки декора и изменения окраски фасада, имеющие в ряде случаев не меньшую историческую ценность, чем стартовый вариант его архитектуры. Эта ситуация предоставляет возможности как для волевых действий, так и внимательного подбора такого решения, которое позволит вписать сооружение в стилистический комплекс городского ансамбля безотносительно сложившимся стереотипам реставрационных кодексов.

Произошел перелом в эстетической трактовке «новоделов» — благодаря ряду удачных архитектурных решений, в т.ч. реконструкции Павелецкого вокзала в Москве, где был использован и развит архитектурный код здания дореволюционной постройки.

Выяснение отношений с формальными параграфами реставрационных канонов имеет смысл для преодоления предпроектных препятствий в работе с объектами, имеющим статус памятника архитектуры. *Приспособительные работы по таким объектам нередко наталкиваются на невозможность обеспечения современных комфортных условий в их интерьерах без радикальной перепланировки.*

ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПВХ, ДЕРЕВА И АЛЮМИНИЯ

2.1. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Светопрозрачные ограждающие конструкции предназначены для обеспечения необходимой естественной освещенности помещений и возможности визуального контакта с окружающей средой. К основным светопрозрачным ограждающим конструкциям гражданских зданий относятся:

- окна и остекленные двери (входные и балконные),
- витражи и витрины,
- остекленные стены фасадов,
- элементы остекления крыш (фонари и наклонные остекленные поверхности), ограждения зимних садов, торговых павильонов и др.

Конструкции светопрозрачных ограждений подвержены нагрузкам и воздействиям. К **нагрузкам** относятся *все действия и причины, которые приводят к возникновению в конструктивном элементе внутренних напряжений и, соответственно, деформаций*. К ним относятся прежде всего эксплуатационные нагрузки, такие как давление ветра, снеговая нагрузка и температурные напряжения, а также технологические нагрузки, возникающие при изготовлении, транспортировке и монтаже конструкций. Кроме этого необходимо учитывать косвенные напряжения, возникающие в герметичных стеклопакетах при перепаде давлений, температур и влажности.

Все **воздействия** имеют несиловую природу, и *не приводят к возникновению в элементах конструкций напряженных состояний*. Вместе с тем, они представляют из себя некоторую совокупность климатических факторов, оказывающих влияние на человека, находящегося в помещении. К ним относятся: перепады температур и влажности наружного и внутреннего воздуха, шум, естественное освещение от небосвода, солнечная радиация, обеспечивающая инсоляцию и дополнительный нагрев помещения, пыль и атмосферные осадки, водорастворимые химические примеси в атмосферной влаге. К воздействиям также можно отнести видимость — визуальную связь внутреннего и внешнего пространства.

Как несущие конструкции, светопрозрачные элементы ограждений должны обладать необходимой прочностью и жесткостью при действии всех описанных выше **нагрузок**.

Как ограждающие конструкции — обладать необходимыми теплозащитными, светотехническими, звукоизоляционными качествами, а также герметичностью при действии всех описанных выше **воздействий**. При этом понятие герметичности следует относить как к сопряжениям элементов непосредственно в пределах светопрозрачной конструкции, так и к местам ее примыкания к непрозрачным участкам стен и покрытий.

Конструкции светопрозрачных ограждений должны быть технологичными, легко транспортируемыми и удобными в монтаже, иметь достаточную химическую стойкость и легко поддаваться очистке. Являясь выразительными элементами фасада и интерьера, окна должны обладать хорошими эстетическими качествами и долговечностью, а также быть удобными и доступными для обслуживания при эксплуатации.

По конструктивной схеме светопрозрачные конструкции подразделяются на **оконные и витражные**. **Оконные конструкции** предназначены для застекления типовых или нестандартных небольших проемов в стенах, а остекление выполняет в них чисто ограждающую функцию. **Витражные конструкции**, помимо выполнения ограждающих функций, являются также элементом несущих или самонесущих конструкций, и предназначены для застекления вертикальных и наклонных поверхностей большой площади. К витражным конструкциям относятся стены фасадов, зимних садов, торговых павильонов и т.п.

- Согласно Германскому промышленному стандарту 18 056 **застекленной навесной стеной** является стена, у которой:
 1. Площадь более 9 м²;
 2. Длина меньшей из сторон превышает 2 м.

По типу открывания окна подразделяются на *поворотные, поворотно-откидные, откидные, распашные, раздвижные и глухие*; **по конструкции переплетов** — на *одинарные, спаренные, раздельные и раздельно-спаренные*.

Кроме того, все светопрозрачные конструкции подразделяются по материалу используемых в них профилей.

Стандартная конструкция **оконного блока** включает стационарную контурную обвязку — **коробку** (в ряде источников — **раму**), подвижно закрепленные на ней элементы — **переплеты** (в зарубежной технической документации — **створки**), а также элементы **остекления** (обычно в виде стеклопакета) и **фурнитуру**. В зависимости от площади проема и действующей ветровой нагрузки, в конструкцию коробки (рамы) для обеспечения жесткости вводят промежуточные вертикальные элементы — **импосты** и горизонтальные — **поперечины**. Дополнительно в оконном блоке могут быть установлены устройства для вентиляции и различные защитные экраны.

Оконные и витражные светопрозрачные конструкции в зависимости от материала и типа сечения оконных коробок и створок относятся к той или иной системе оконных профилей. Под системой оконных профилей будем понимать совокупность профилей различного назначения, подразделяемых на основные и дополнительные и выпускаемых определенным производителем.

В качестве материала для изготовления оконных профилей в традиционных окнах, применявшихся в нашей стране до настоящего времени, использовалось дерево, в современных системах — поливинилхлорид (ПВХ), дерево, алюминий, стеклопластики, а также комбинированные системы — алюминий в сочетании с деревом и ПВХ в сочетании с алюминием. Геометрия и характеристики сечений могут изменяться в зависимости от производителей в отдельных деталях, однако при этом у всех фирм сохраняется единый общий принцип построения как отдельных профилей, так и системы в целом.





2.2. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

2.2.1. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Поливинилхлорид (ПВХ) относится к старейшим искусственным материалам. Впервые поливинилхлорид был получен в лабораторных условиях в 1835 году французским горным инженером и химиком Анри Виктором Реньо. Реньо, получивший раствор винилхлорида, случайно обнаружил, что по истечении некоторого времени в пробирке образовался белый порошок. Ученый провел с порошком различные опыты, но, не получив никакого удовлетворительного результата, утратил интерес к случайно открытому им веществу.

В 1878 году продукт полимеризации винилхлорида впервые был исследован более подробно, но результаты исследований так и не стали достоянием промышленности. Это произошло только в нашем столетии. В 1913 году немецкий ученый Фриц Клатте получил первый патент на производство ПВХ. Он предполагал использовать трудно воспламеняемый поливинилхлорид вместо легко воспламеняемого целлюлозоида. Начавшаяся Первая мировая война помешала Фрицу Клатте заняться подробным исследованием свойств ПВХ и возможностей его применения, а производство было приостановлено. Тем не менее, Клатте по праву считается основоположником промышленного производства ПВХ.

Производство ПВХ в крупных масштабах началось в 30-е годы в Германии. В это же время успешные разработки в этой области были проведены в США и Англии. После окончания Второй мировой войны поливинилхлорид стал самым массовым материалом для изготовления труб, профилей, покрытий для пола, пленок, кабельной изоляции и множества других пластмассовых изделий.

Родиной современных окон с переплетами из ПВХ (в дальнейшем — окон из ПВХ) по общему признанию является Германия. Именно здесь в 1954 году фирмой «Trosal» оконные профили из ПВХ были впервые запущены в серийное производство. На сегодняшний день по разнообразию оконных профилей оконные ПВХ-системы являются наиболее гибкими и технологичными. Относительно низкая стоимость сырья и производства, наряду с хорошими физическими характеристиками (низкая теплопроводность, достаточно высокая химическая стойкость), сделали их самыми массовыми в центральной Европе.

Вместе с тем, эксплуатация окон из ПВХ в странах с суровым континентальным климатом связана с определенными техническими ограничениями, обусловленными специфическими свойствами поливинилхлорида.

По своему химическому составу поливинилхлорид относится к группе термопластов, для которых характерно быстрое снижение механических свойств при повышении температуры, обусловленное линейным строением молекул полимера и их малой связью друг с другом, снижающейся при нагревании. Такое строение обуславливает сильную зависимость свойств поливинилхлорида от температуры.

Непосредственно перед оценкой физико-механических свойств ПВХ приведем термины и определения сопротивления материалов.

Как известно, механические испытания материалов могут быть статическими (нагрузка на образец увеличивается постепенно), динамическими (нагрузка на обра-

зец действует мгновенно) и повторно-переменными (нагрузка на образец многократно изменяется по величине и направлению). Набор необходимых испытаний определяется в соответствии с характером напряжений, возникающих в элементе под воздействием эксплуатационных и технологических нагрузок. **ПВХ-профили испытывают на растяжение и удар.** Кроме того, для ПВХ как полимера важны такие показатели как **температура размягчения, коэффициент линейного расширения и цветоустойчивость.**

В соответствии с законом Гука, удлинение образца при его испытаниях на растяжение до определенного предела растет по прямой пропорциональной зависимости, характеризующей упругие свойства материала. Коэффициент пропорциональности является величиной, оценивающей степень сопротивления материала упругой деформации и называется **модулем продольной упругости** (модулем упругости) E [Н/м², МН/м², Н/мм², кгс/см²]. **Чем больше E , тем меньше упругая деформация и наоборот.**

В качестве иллюстрации приведем сравнительную таблицу значений модуля упругости различных материалов.

Таблица 2.1

Модуль упругости различных материалов

МАТЕРИАЛ	E , Н/мм ²	E , МН/м ²
ПВХ твердый	2,7	0.027×10^5
Дерево вдоль волокон	10,0	0.1×10^5
Бетон	10,0 – 30,0	$0.1 \dots 0.3 \times 10^5$
Стеклопластик	18,0 – 40,0	$0.18 \dots 0.4 \times 10^5$
Дерево поперек волокон	50,0	0.5×10^5
Алюминий	67,5	0.675×10^5
Алюминиевые сплавы	71,0	0.71×10^5
Сталь	210,0	2.1×10^5

Зависимость модуля упругости ПВХ от температуры приведена на рис. 2.1.

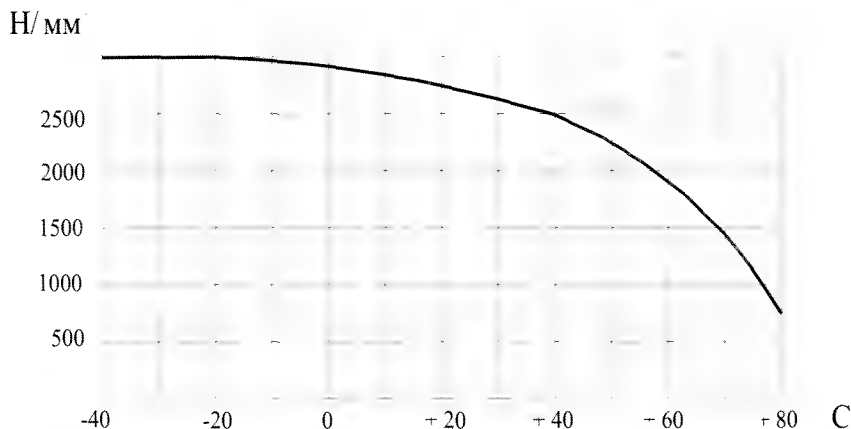


Рис. 2.1. Зависимость модуля упругости ПВХ от температуры

В пределах закона Гука растяжение образца происходит без образования необратимых остаточных деформаций. При определенной нагрузке P_b на образце начинается образование местного сужения (шейки). Пределом прочности при растяжении называют напряжение σ_b [Н/м^2 , МН/м^2 , Н/мм^2 , кгс/см^2], соответствующее нагрузке P_b , и определяемое как

$$\sigma_b = P_b / F_0 ,$$

где F_0 — исходная площадь поперечного сечения образца.

При нагрузке P_z происходит разрыв образца. Пределом прочности при разрыве называют напряжение σ_z , определяемое отношением нагрузки в момент разрыва к площади поперечного сечения образца F_1 в месте разрыва

$$\sigma_z = P_z / F_1$$

Относительным удлинением при разрыве d называют отношение приращения длины образца после разрыва L_1 , к его расчетной длине L_0 , выраженное в процентах

$$d = [(L_1 - L_0) / L_0] \times 100 \%$$

Испытания на удар позволяют определять способность материала противодействовать динамическим нагрузкам и выявлять склонность материала к хрупкому разрушению при различных температурах.

Для испытаний применяют стандартные образцы квадратного или прямоугольного сечения с надрезом или без него. Образец устанавливают на двух опорах, после чего на него с некоторой высоты H падает груз весом P , разрушает образец и по инерции снова поднимается на некоторую высоту h . При этом на разрушение образца затрачивается работа $A_n = P(H-h)$ [Дж, кДж].

Ударную вязкость a_n [Дж/м², кДж/м²] определяют как отношение работы, затраченной на разрушение образца, к площади поперечного сечения образца F_n в месте надреза

$$a_n = A_n / F_n$$

Испытания на твердость производят по различным шкалам, путем вдавливания в материал стальных шариков, алмазных наконечников и др. Твердость определяют как отношение приложенной нагрузки к площади отпечатка.

Таким образом, для ПВХ может быть выведена группа показателей, характеризующих его поведение как конструкционного материала в процессе изготовления, установки и эксплуатации окна при сочетании различных нагрузок и воздействий.

Как видно из графика, показанного на рис. 2.1, при понижении температуры модуль упругости ПВХ повышается, а следовательно, растут и его прочностные характеристики на растяжение, сжатие и изгиб. Однако, при этом увеличивается его хрупкость (падает ударная вязкость). Так, согласно табл. 2.3, при понижении температуры ПВХ с 23 до 0 °С, его ударная вязкость падает вдвое. Не случайно оконные фирмы, имеющие достаточный опыт работы, приостанавливают монтажи окон из ПВХ в зимнее время при температуре наружного воздуха ниже –10–15 °С, когда риск хрупкого разрушения ПВХ при механическом воздействии велик.

С повышением температуры поливинилхлорид постепенно размягчается — его относительное удлинение при разрыве увеличивается, прочность на сжатие и изгиб падает. В зоне температур от +10 °С до +40 °С механические характеристики уменьшаются очень незначительно, и в большинстве случаев этими изменениями можно пренебречь.

Резкое падение прочностных свойств ПВХ начинается выше температуры +40°С, а вблизи t = +80°С находится его точка размягчения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение ПВХ-окон недопустимо в помещениях с повышенными тепловыделениями, а при проектировании окон, ориентированных на южную сторону, следует предусматривать мероприятия, предотвращающие аккумуляцию тепла оконным профилем.

По своему химическому составу поливинилхлорид состоит из элементов углерода, водорода и хлора. Устойчив к воздействию большинства химических реагентов. Ниже приведен сокращенный вариант таблицы устойчивости ПВХ к воздействию различных химических веществ. Полностью таблица приводится в техническом руководстве всех производителей профильных систем из ПВХ.

Таблица 2.2

Таблица устойчивости ПВХ к воздействию различных химических веществ

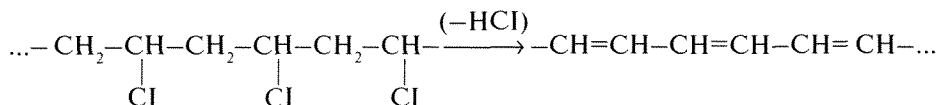
№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КОНЦЕНТРАЦИЯ	При t, °С
Группа I. Высокая сопротивляемость			
1	Азотная кислота	10%	60
2	Аммиак, водный раствор	Конц.	40
3	Дизельное топливо		20
4	Машинное масло		60
5	Муравьиная кислота	100%	40
		10%	60
6	Натровый щелок	10%	60
		40%	60
7	Оливковое масло		60
8	Перманганат калия	Насыщенный 20 °С	60
9	Серная кислота	10%	60
		96%	60
10	Скипидар		20
11	Соляная кислота	10%	60
		35%	60
12	Хлорид натрия	10%	60
13	Этанол		40
Группа II. Слабая сопротивляемость			
1	Уксусная кислота	100%	20
2	Царская водка		40
Группа III. Отсутствие сопротивляемости			
1	Анилин		20
2	Бензол		20
3	Бензино-бензоловая смесь		20
4	Диэтилэфир		20
5	Крезол - М		20
6	Ксилол		20
7	Толуол		20

ПВХ относится к той небольшой группе полимеров, которые производятся не полностью на основе нефти. В качестве сырья для его производства используется добываемый из нефти этилен (43 %) и хлор (57 %), добываемый из поваренной соли.

Из каменной соли посредством электролиза хлористого натрия получается хлор. Из нефти получается этилен. Этилен и хлор вступают в реакцию с образованием дихлорэтана, из которого в результате последующей реакции образуется винилхлорид. Винилхлорид превращается посредством полимеризации в поливинилхлорид.

Процесс образования ПВХ можно условно разделить на четыре метода, при этом 80 % всего ПВХ добывается по так называемой «полимеризации в суспензии». Этот метод основан на том, что винилхлорид нерастворим в воде. Винилхлорид диспергируется в воду через трубки в реактор давления, объемом 80 150 м³. Таким образом, винилхлорид разделяется на микрокапельки и подогревается до необходимой температуры 40–80 °С. После ввода в суспензию растворимого инициатора реакции (как правило органического пероксида) начинается полимеризация отдельных капелек винилхлорида.

Поскольку процесс полимеризации сопровождается выделением теплоты, то возникает опасность терморазложения ПВХ – возникновение обратной реакции дегидрохлорирования – разложение молекулы ПВХ с выделением соляной кислоты.



Под воздействием образовавшегося соединения ПВХ изменяет цвет и становится красно-коричневым. Выделяемая соляная кислота ускоряет каталитически дальнейшее разрушение ПВХ. Для того, чтобы избежать обратной реакции, добавляется специальный **стабилизатор**, который покрывает образовавшиеся в результате полимеризации частички защитной оболочкой. Эти суспензированные частицы, размером от 20 до 200 мкм легко отделяются на центрифуге, сите или фильтрах, а не вступивший в реакцию винилхлорид удаляется в виде газа при помощи специальной аппаратуры.

В подавляющем большинстве ПВХ-профилей, производимых в настоящее время, в качестве термостабилизатора используются соединения свинца (Pb). Вследствие токсичности применение свинца как такового строго регулируется особыми промышленными правилами Европейского Сообщества (ЕС). Работы по приготовлению ПВХ с различными типами термостабилизаторов строго регламентируются правительственными нормами безопасности по ПДК (предельно допустимой концентрации) на производстве. Однако, внедренный в состав порошка из суспензированных частиц ПВХ-компаунда свинцовый термостабилизатор не может мигрировать из его состава, и свинец никак не выделяется из стабилизатора.

В настоящее время в Европе наблюдается тенденция перехода к использованию при производстве ПВХ стабилизаторов на основе более чистых и безопасных для человека кальция и цинка. Кальциево-цинковые (Ca/Zn) термостабилизаторы и их соли большинства кислот признаны нетоксичными, не генерирующими токсичных веществ в соединении с другими добавками в компаунде. Такая технология является более дорогой, однако ее применение делает процесс производства ПВХ более экологически чистым.

Кальциево-цинковую стабилизацию уже много лет применяют такие известные немецкие производители профилей как PLUS PLAN (система PlusTec) и Brugmann.

Физико-механические и химические свойства ПВХ, стабилизированного свинцом и кальцием-цинком, практически не отличаются друг от друга. Ниже приведена сравнительная таблица технических характеристик материала профилей с различной стабилизацией.

Таблица 2.3

Физические характеристики поливинилхлорида с различной стабилизацией

ХАРАКТЕРИСТИКА	МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	СТАБИЛИЗАЦИЯ СВИНЕЦ	СТАБИЛИЗАЦИЯ КАЛЬЦИЙ-ЦИНК
Объемный вес	DIN 53479	кг /м ³	1500	1460
Модуль упругости	DIN 53457	Н /мм ²	2,98	2,46
Коэффициент температурного расширения		1/°C	80 x 10 ⁻⁶	
Температура размягчения	DIN 534460/B	°C	82,5	79,5
Предел прочности при растяжении	DIN 53455	Н /мм ²	43	41
Относительное удлинение при разрыве	DIN 53455	%	101	94
Ударная вязкость образца с надрезом при +23 °C	DIN 53753	КДж /м ²	56	63
Ударная вязкость образца с надрезом при 0 °C	DIN 53753	КДж /м ²	27	32
Твердость D по Шору	DIN 53505	ЕДИНИЦА ТВЕРДОСТИ	74	71

Кроме стабилизаторов в состав ПВХ-компаунда входят различные *добавки*, позволяющие регулировать как его эксплуатационные, так и технологические свойства. К ним относятся:

1. **Красящие вещества (пигменты)**, в качестве которых при производстве ПВХ-профиля используются обычно оксид титана (белый) и оксид железа (коричневый). Не используются пигменты содержащие кадмий.
2. **Смазочные вещества**, например воск или мыло, являющиеся вспомогательными материалами, облегчающими текучесть расплава ПВХ-смеси за счет того, что они смазывают поверхность между расплавом и металлическими стенками экструдера.
3. **Наполнители**, служащие для улучшения физико-химических характеристик ПВХ-профиля и расширения возможностей его обработки. Основной объем среди наполнителей занимает мел, не представляющий никакой опасности для здоровья и окружающей среды.
4. **Пластификаторы**, предназначенные для повышения эластичности ПВХ при отрицательных температурах. Относительно хрупкий с низкой ударной вязкостью твердый ПВХ, используемый в оконном производстве, перемешивается, как правило, с акрилкаучуком. Такой ПВХ называется **модифицированным** и имеет относительно равномерную хрупкость во всем рабочем диапазоне температур – от +30 до –30 °C.

ПВХ-профили получают методом *экструзии* — непрерывного выдавливания размягченного материала через отверстие определенного сечения, определяемого типом *фильеры* (детали машины для формования химических волокон в виде колпачка или пластины) при температуре 80-120 °С.

Экструдер состоит из привода с двигателем и редуктором, а также цилиндра с находящимися внутри него шнеками и входной воронкой. Загружаемый через входную воронку материал перемешивается в зоне разогрева цилиндра при помощи двух шнеков до гомогенного расплава, который поступает на фильеру.

Расплавленная экструдруемая масса приобретает необходимую форму и размеры в фильере и вакуумном калибре, в котором происходит первоначальное охлаждение профиля.

На следующей стадии профиль поступает на участок вторичного охлаждения, где на него подается холодная вода. Далее расположен узел, который равномерно вытягивает профиль из участка охлаждения и подает его на участок маркировки, где также наклеивается защитная пленка. В конце линии установлена пила, отрезающая профиль необходимого размера, после чего он упаковывается в палеты.

При экструзии необходимо строго выдерживать режимы разогрева смеси и охлаждения профиля. Поскольку ПВХ-профиль имеет сложную пространственную структуру (см. раздел 2.2.2 и 2.2.3) с горизонтальными и вертикальными стенками различной толщины, ***неравномерный температурный режим приводит к искривлению профиля уже непосредственно на стадии экструзии.***

Крупные производители ПВХ-профилей осуществляют выходной контроль геометрических размеров и массы погонного метра через каждый час. Профиль, имеющий отклонения выше допустимых технологическим регламентом, отправляется на вторичную переработку.

Поскольку при экструзии оконных профилей происходит тщательное гомогенное перемешивание всех составных частей рецептуры, то может быть получен материал, спектр свойств которого варьируется в самом широком диапазоне. Вместе с тем применение добавок не изменяет основополагающих свойств ПВХ как термопласта, являющихся определяющими при проектировании оконных конструкций.

Как видно из табл. 2.3., поливинилхлорид имеет очень высокий коэффициент температурного расширения, равный $80 \times 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$. Для сравнения эта величина для стали и бетона составляет порядка $10 \times 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$, а для стекла $8.5 \times 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$. ***Таким образом, ПВХ имеет коэффициент в 10 раз больший по сравнению со стеклом и с материалом примыкающих к окну наружных стен.***

Такое соотношение величин приводит к тому, что температурные деформации, а соответственно, и напряжения в профиле, остеклении и примыкающих к окну конструкциях, резко отличаются по величине. Эта особенность, в сочетании с низким модулем упругости ПВХ практически полностью определяет специфику монтажа и системы уплотнений металлопластиковых окон по сравнению с окнами из других материалов — дерева, алюминия и стеклопластика. Подробно эти вопросы изложены в разделе 2.2.3.

2.2.2. ПРОФИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПВХ. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ

Для описания конструктивных решений оконных профилей из ПВХ необходимо дать определение **профильной системы** или, в более распространенном варианте терминологии, — **оконной системы**.

Как и в любой строительной технологии, в данном случае под «системой» понимается определенная номенклатура изделий заводского изготовления, предназначенная для решения специализированных задач. В строительстве хорошо известны такие понятия как «система панельного домостроения», «система навесных фасадов», «системы «сухого строительства» ТИГИ КНАУФ» и т.п. При этом, чем больше изделий заводского изготовления применяется при проведении строительных работ, тем меньше трудозатраты непосредственно на стройплощадке. Кроме того, развитая номенклатура изделий позволяет удовлетворить широкий спектр архитектурных и конструктивных решений. Иными словами *в определение «система» всегда закладывается определенная идеология, призванная удовлетворить сложную совокупность требований, начиная от решения архитектурно-композиционных задач и заканчивая организацией строительного производства.*

Все развитые оконные системы включают в себя как профили, предназначенные непосредственно для изготовления окон — рамы, створки, импоста и штапика, так и профили, позволяющие осуществить эффективный и качественный монтаж оконного блока в проеме. Профили **рамы, створки, импоста и штапика**, а также профили для распашных безимпостных окон (в некоторых источниках — профили с нащельной манжетой (штупльпом) или упорной планкой — так называемые **штупльовые профили**) относятся к группе **основных профилей**, которые формируют базу любой профильной системы. Все крупные производители выпускают по 5—7 наименований основных профилей каждого вида, что позволяет проектировщику учитывать требования архитектуры, статики и теплотехники для различных климатических районов, в зданиях различной этажности и ориентации. При этом в зависимости от архитектурной композиции и расчетных нагрузок, основные профили устанавливаются в окне в различных комбинациях. На рис. 2.2 показана таблица основных профилей системы VEKA SOFTLINE AD, дающая наглядное представление об их возможном разнообразии.

Все профили, отличные от основных и выпускаемые определенным производителем в рамках конкретной системы, относятся к группе **дополнительных профилей**. Дополнительные профили в каждой оконной системе отличаются многообразием, в силу чего достаточно сложно поддаются классификации. Однако, по функциональному назначению можно принципиально выделить несколько групп наиболее распространенных профилей.

К *первой группе* относятся профили, служащие для обеспечения качественного и технологичного монтажа оконного блока в существующем проеме. К ним относятся подставочные профили, нащельники, удлинители (доборные профили) и облицовочные профили.

Вторую группу дополнительных профилей образуют профили, набор которых определяет гибкость и разнообразие архитектурных решений, возможных в рамках данной системы. К этой группе относятся штапики, соединители, всевозможные декоративные накладки, а также поворотные профили.

В особую группу, функционально занимающую промежуточное положение между основными и дополнительными профилями, следует выделить реставрационные профили и усилители.

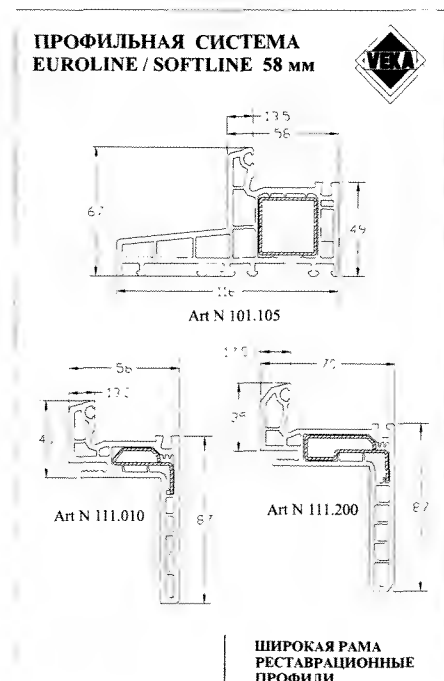
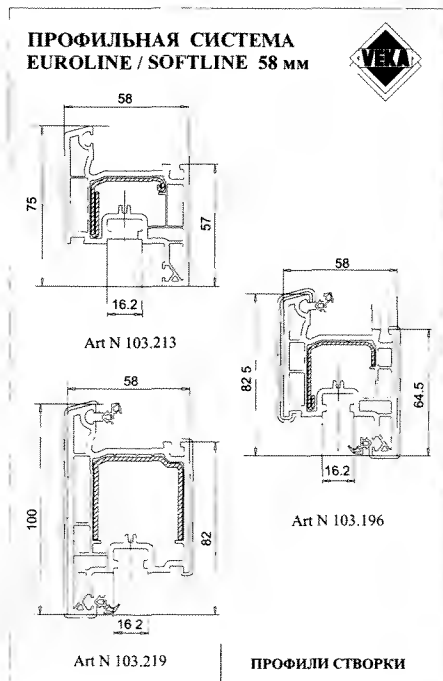
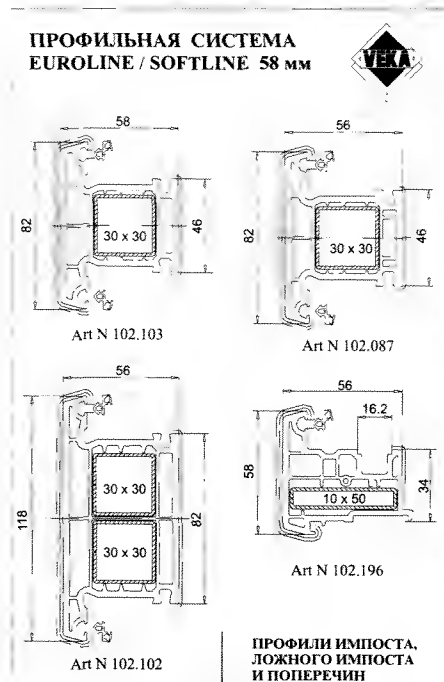
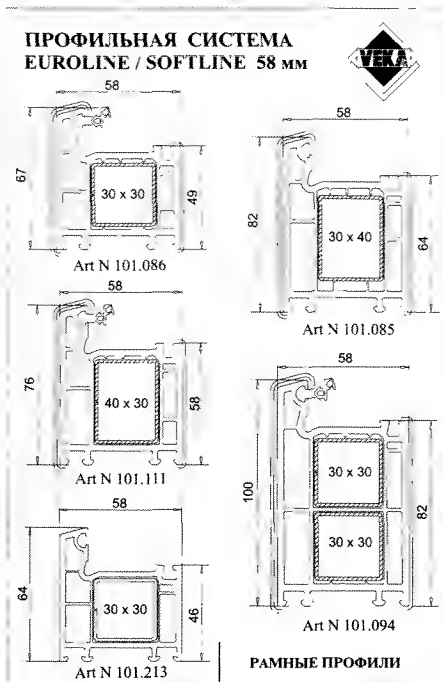


Рис. 2.2.а. Таблица основных профилей системы **VEKA EUROLINE/SOFTLINE 58 мм**
и систем **VEKA 70 мм**

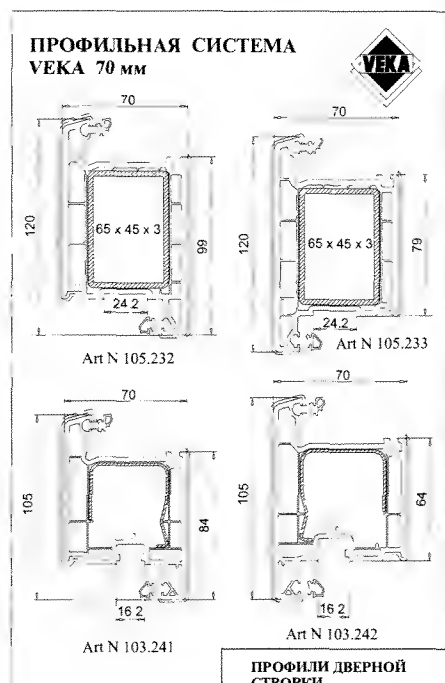
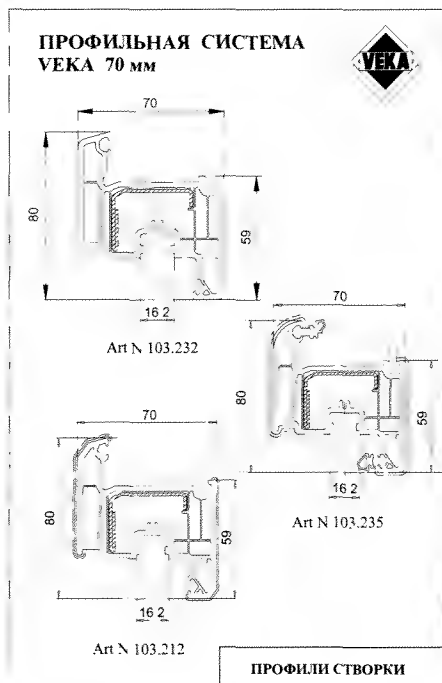
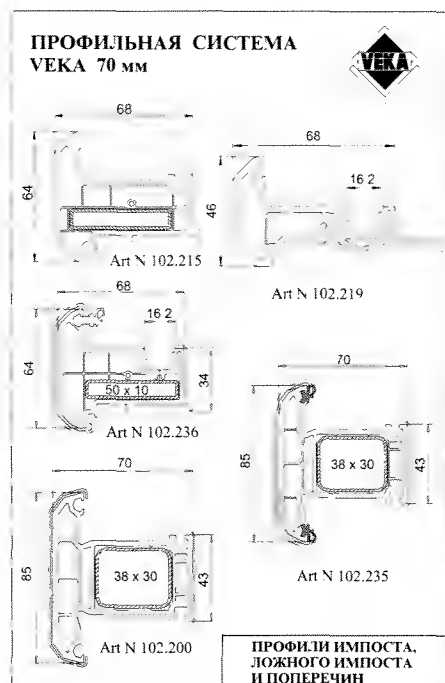
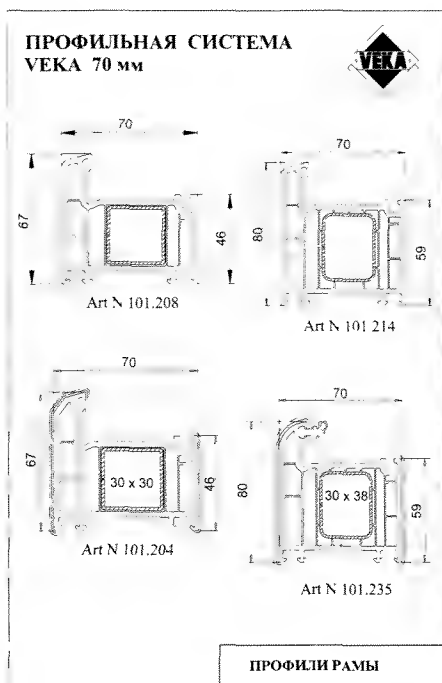
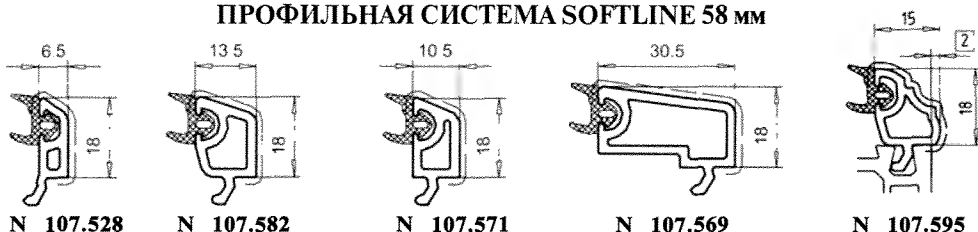


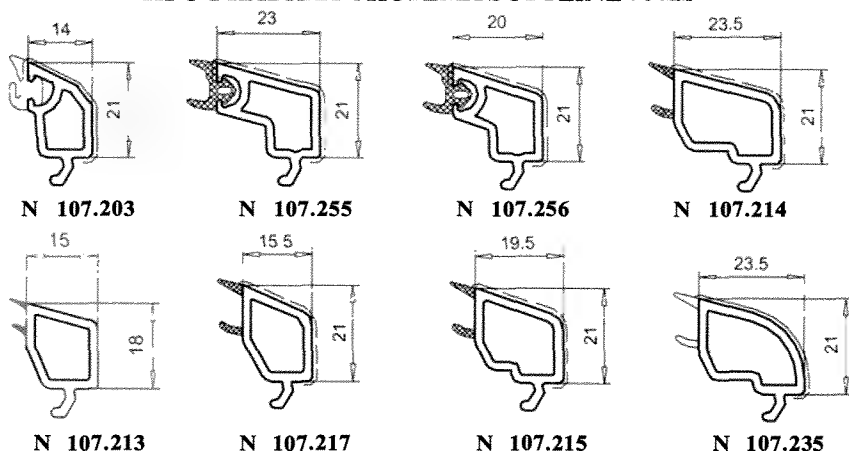
Рис. 2.2.а. Таблица основных профилей системы **VEKA EUROLINE/SOFTLINE 58 мм** и систем **VEKA 70 мм**

Реставрационный профиль представляет из себя профиль рамы, закрепляемый на существующую коробку старого окна без ее демонтажа. Применение реставрационных профилей делает работы по замене окна менее трудоемкими и позволяет сохранить устоявшийся за много лет температурно-влажностный режим в зоне примыкания окна к стене. В качестве недостатка окон с реставрационным профилем следует отметить уменьшение площади светопроема при замене окон.

ШТАПИКИ ПРОФИЛЬНАЯ СИСТЕМА SOFTLINE 58 мм



ПРОФИЛЬНАЯ СИСТЕМА SOFTLINE 70 мм



ПРОФИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ VEKA 58 и 70 мм УПЛОТНИТЕЛИ

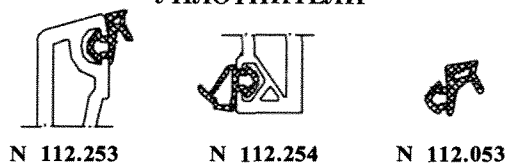


Рис. 2.2.6. Таблица основных профилей системы VEKA 50 и 78 мм. Штапики и уплотнители

Внешние усилители применяются в том случае, если тонкий соединительный профиль или импост не проходит по статическому расчету, а применение более мощного импоста невозможно. В некоторых системах при необходимости предусмотрено применение усилителей из алюминия. Наиболее широкое применение усилители находят в витражных конструкциях, для которых не предусмотрены какие-либо другие специальные профили.

2.2.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ПВХ

Независимо от производителя, по своей конструкции все ПВХ-системы образованы тонкостенными полыми профилями (как основными, так и дополнительными), имеющими несколько камер, заполненных воздухом. В зависимости от предъявляемых требований, могут использоваться основные профили с различным числом камер (как правило, трех-, четырех- или пятикамерные). При этом с увеличением числа камер растет значение термического сопротивления профиля, а также его жесткость. Толщина стенок профиля, в зависимости от расположения, составляет 1,5–3 мм.

Наиболее распространенные в настоящее время профили имеют три камеры (рис. 2.3) — *основную камеру* (поз. 1), *дренажную камеру* (в ряде источников — предкамеру) (поз. 2) и *камеру для крепления фурнитуры* (поз. 3). При этом трехкамерный профиль применяется далеко не всегда. Все крупные производители предлагают вариации профилей, различающиеся по количеству камер (см. рис. 2.3), что дает возможность проектировщику более гибко адаптироваться к конкретным решаемым задачам. Так, например, в профиль может быть добавлена дополнительная камера для повышения его термического сопротивления (рис. 2.3. б), или же, наоборот, одна из камер может быть ликвидирована в пользу более мощного армирования (рис. 2.3. в) для восприятия повышенных статических нагрузок.

Рама и створка могут иметь наружные поверхности, расположенные в одной плоскости или же смещенные друг относительно друга. При расположении рамы и створки вровень, в профиле появляются дополнительные камеры — *предкамеры*, что дает возможность устанавливать остекление большей толщины. Такие конструкции называются *одноплоскостными* (рис. 2.3.г).

Рассмотрим назначение каждой камеры на примере комбинации рамы и створки (рис. 2.3).

Основная камера служит для установки усилительного вкладыша (армирующего профиля — в дальнейшем — *армирования*). Сечение усилительного вкладыша и толщину стенок принимают на основании статического расчета профиля на действие ветровых нагрузок, при этом принимая во внимание возможность температурных деформаций. Армирующие вкладыши, как правило, выполняются из оцинкованной стали, реже — из алюминия и стеклопластика, и предохраняют профили от избыточных прогибов, которые могут иметь место вследствие низкого значения модуля упругости ПВХ (см. Табл. 2.1). *Ветровая нагрузка на армирующий вкладыш передается через горизонтальные ребра жесткости в дренажной камере, а также через саморезы, посредством которых осуществляется крепление армирования к профилю. Таким образом осуществляется совместная работа ПВХ и стали в оконном профиле.*

За счет наличия армирующего вкладыша, окна из ПВХ получили свое второе название — *металлопластиковые окна*.

Геометрия основной камеры профиля створки предусматривает наличие так называемого «европаза» (поз. 6, рис. 2.3), предназначенного для установки основных элементов фурнитуры (главного механизма с закрепленной в нем оконной ручкой; кронштейнов, обеспечивающих поворотное или поворотно-откидное открывание створки и др.).

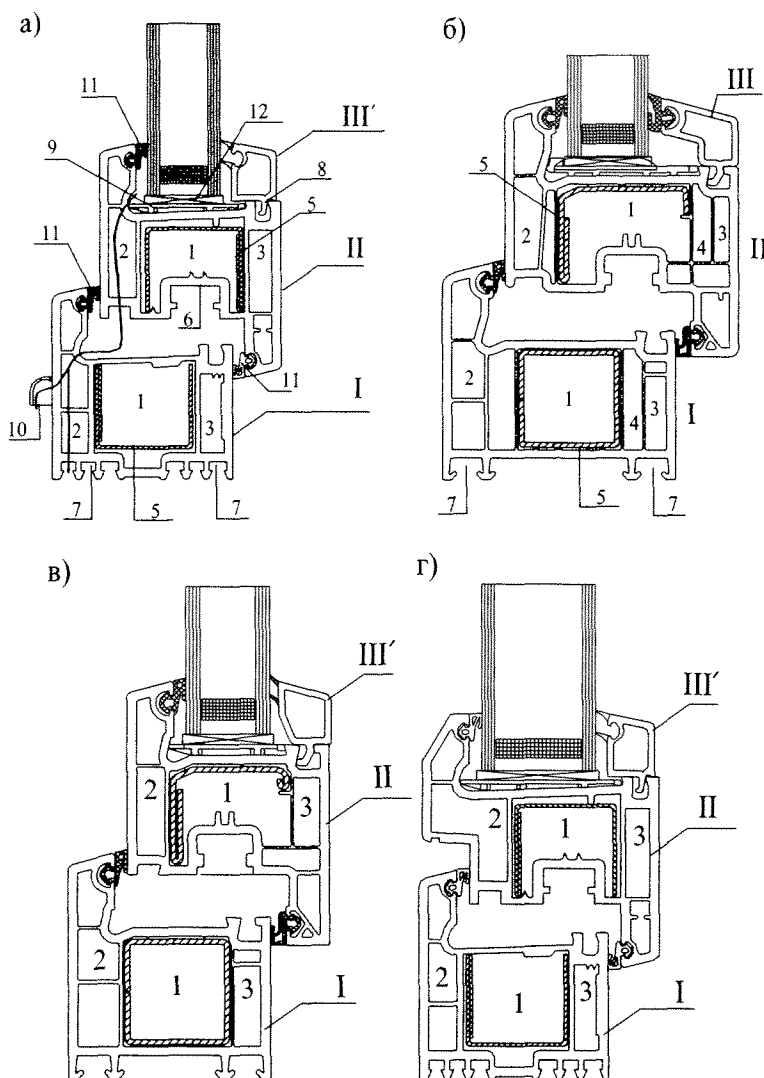


Рис. 2.3. Конструкция оконных профилей из ПВХ. Комбинация рамы и створки

а) трехкамерные рама и створка (система PlusTec Softline 3-K); б) пятикамерные рама и створка (система Veka Softline 70 мм); в) трехкамерная рама и створка (система Veka Euroline 58 мм); г) одноплоскостная комбинация рамы и створки (система PlusTec Softline 3-K).

I – профиль коробки (рама), II – профиль створки (створка), III – штапик, III' – штапик с коэкструдированным уплотнением;

1 – основная камера, 2 – дренажная камера (предкамера), 3 – камера для крепления фурнитуры, 4 – дополнительная камера для увеличения термического сопротивления, 5 – армирование, 6 – паз для крепления фурнитуры, 7 – пазы для крепления дополнительных профилей, 8 – паз для крепления штапика, 9 – наклонный фальц для отвода воды, 10 – водоотвод, 11 – уплотнения, 12 – подкладка под стеклопакет

При этом петлевая группа закрепляется в **камере для крепления фурнитуры**, (поз. 3, рис. 2.3). Створочный профиль конструируется таким образом, чтобы крепежные шурупы всегда проходили бы через две стенки, что повышает усилие выдерживания их из профиля, действующее при открытом положении окна.

Дренажная камера (в ряде источников – предкамера) оконного профиля предназначена для отвода наружу воды, проникающей через уплотнение при сильном дожде и ветре. С этой целью в раме и створке делается **наклонный фальц**, имеющий наклон к наружному краю, или специальная **выемка** (поз. 15), куда стекает вода, попадая затем в **дренажные отверстия** (см. рис. 2.4), вырезаемые в нескольких точках внизу окна по длине рамы и створки в дренажной камере. В наклонный фальц с определенным шагом устанавливаются **выравнивающие прокладки** (поз. 12) (в распространенной терминологии – *мосты*), предназначенные для монтажа стеклопакета. Правила установки опорных подкладок описаны в главе 3.

Для обеспечения воздухо- и водонепроницаемости, по всему контуру рамы и створки устанавливаются **пористые уплотнения***. В зависимости от профильной системы, окно может иметь один, два или три контура уплотнения. В зависимости от расположения в оконном профиле оконные уплотнения могут быть классифицированы как **наружное, внутреннее и среднее**.

Профильные системы со средним уплотнением имеют определенную специфику с точки зрения изготовления глухих окон, а именно: срезание упорного элемента (поз. 2, рис. 2.7), для того, чтобы в рамный профиль вставить стеклопакет. В некоторых системах (например, в системе PLAFEN), упорный элемент для среднего уплотнения предусматривается в съемном варианте.

- Оконные уплотнения изготавливаются, как правило, из материала, обозначаемого аббревиатурой **ЭПТК** (этилен-пропилен-термополимер-каучук). Международное обозначение – **EPDM**. ЭПТК-EPDM обладает значительной долговечностью, устойчивостью по отношению к атмосферным воздействиям, высокой прочностью на растяжение (8.3×10^6 Н/м²) и эластичностью (удлинение при разрыве – 400%). При этом его эластичность сохраняется в интервале температур от -50 °С до +120 °С. Будучи устойчивым к воздействию кислот и щелочей, ЭПТК-EPDM имеет низкую сопротивляемость по отношению к минеральным маслам и жирам; набухает в таких растворителях, как бензин и углеводороды. При этом процесс набухания носит частично обратимый характер.

Внутреннее уплотнение прижимается к стеклу **профилем штапика** (поз. 8, рис. 2.3), для которого в профилях рамы и створки предусмотрен специальный паз. Большинство уплотнений изготавливаются отдельно и устанавливаются в штапик непосредственно в процессе изготовления окна. Существуют также штапики, выпускающиеся с так называемым **коэкструдированным (экструдированным вместе с профилем штапика) уплотнением** (поз. III', рис. 2.3), которое составляет со штапиком неразрывное целое.

Системы уплотнения и водоотвода из профиля неразрывно связаны между собой и оказывают гораздо большее влияние на теплозащитные свойства оконного профиля и оконного блока в целом, чем количество камер.

Следует особо отметить, что технологическая необходимость в дренажных отверстиях является одним из наиболее уязвимых мест всех без исключения профильных систем из ПВХ. Многочисленные рекламации к оконным фирмам, связанные с выпадением конденсата и образованием наледи в нижней части окна, говорят о том, что эта проблема является одной из наиболее актуальных для пластиковых окон в нашей стране.

Согласно п. 5.9.5 действующего на территории Российской Федерации ГОСТ 30674-99¹ «Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия», вступившего в действие с 1 января 2001 г., нижние профили рамы, створки и горизонтального импоста должны иметь не менее двух водосливных (дренажных) отверстий, размером 5х20 мм для рам и импостов и 5х10 мм для створок (альтернатива — отверстия диаметром 8 мм). Максимальное расстояние между отверстиями — 600 мм; при этом в стенках профиля отверстия должны быть смещены друг относительно друга не менее чем на 50 мм. При длине профиля до 1000 мм необходимо иметь два отверстия, более 1000 мм — три.

Поскольку после сварки окна (технология изготовления окон — см. раздел 2.2.4) его дренажная камера образует замкнутую по периметру полость, считается, что вода, попавшая в водоотводной фальц внизу рамы или створки, будет эффективно отводиться только при условии устройства отверстий для компенсации ветрового давления в верхней части как рамного, так и створочного профиля. Внутри наружной камеры в этом случае будет создаваться давление, равное атмосферному, и свободное вытекание воды не будет затруднено.

Согласно ГОСТ 30674-99, отверстия для компенсации ветрового давления должны иметь диаметр не менее 6 мм (альтернатива — отверстия размером 5х10 мм). Количество отверстий: при длине профиля до 1000 мм — 2 шт, более 1000 мм — 3 шт. Допускается также удаление наружного уплотнения на участках длиной 30 мм в верхнем профиле рамы.

С точки зрения проектирования водоотвода, существуют разногласия между ГОСТ 30674-99 и техническими рекомендациями крупных производителей профильных систем. Так, рекомендации ГОСТ практически полностью совпадают с данными технических условий немецкой фирмы KOMMERLING за исключением размера дренажных отверстий (у KOMMERLING — 5 x 12 мм для рам и створок). Турецкая фирма PIMAPEN рекомендует выполнять водосливные отверстия размером 5 x 34 мм; при этом смещение между отверстиями в стенках профиля должно составлять 100 мм (расстояние, вдвое превышающее рекомендуемое российским ГОСТом). Согласно рекомендациям концерна VEKA, дренажные отверстия должны иметь размер 6 x 30 мм при смещении в стенках профиля, равном 100 мм. При этом два отверстия выполняются при длине профиля до 1300 мм, и три — при длине профиля свыше 1300 мм. У PIMAPEN эта контрольная величина составляет 1200 мм (при 1000 мм в российских нормах).

В любой оконной системе предусматривается отвод воды как вниз, так и вбок через профиль рамы (рис. 2.3, поз. 10). При организации водоотвода вбок дренажные отверстия закрываются снаружи специальными защитными колпачками (рис. 2.4).

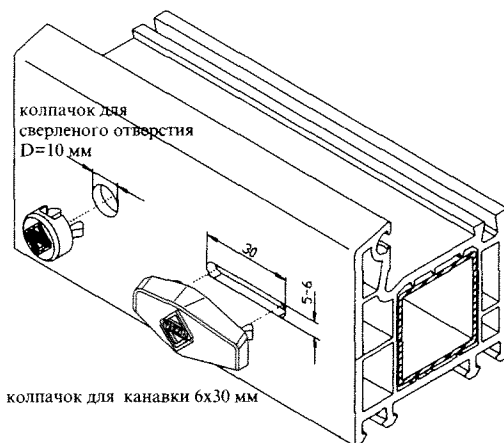


Рис.2.4. Защитные колпачки для дренажных отверстий

¹ В Украине этому документу соответствует ДСТУ Б В.2.6-15-99 «Конструкції будинків і споруд. Вікна та двері полівінілхлоридні. Загальні технічні умови».

Таким образом, технические рекомендации VEKA и PIMAPEN допускают втрое большую площадь самого отверстия по сравнению с требованиями российских норм, однако при этом в 1,5 раза ограничивают количество отверстий на единицу длины окна.

Схема расположения и правила устройства водосливных (дренажных) отверстий и отверстий для компенсации ветрового давления приведена на рис. 2.5. В соответствии с техническими рекомендациями VEKA, в нижней горизонтальной области сверлятся 2 канавки размером 6х30 мм. Если ширина по фальцу превышает 1300 мм, сверлятся 3 канавки размером 6х30 мм. Для окон с ложным импостом с шириной по фальцу от 1300 мм сверлятся 4 канавки размером 6х30 мм на одинаковом расстоянии друг от друга.

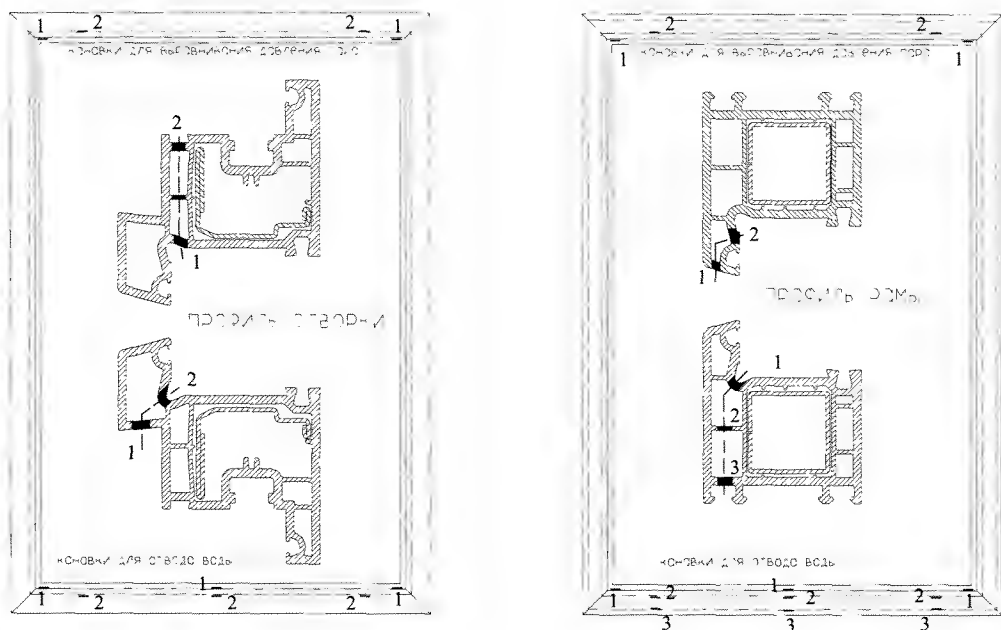
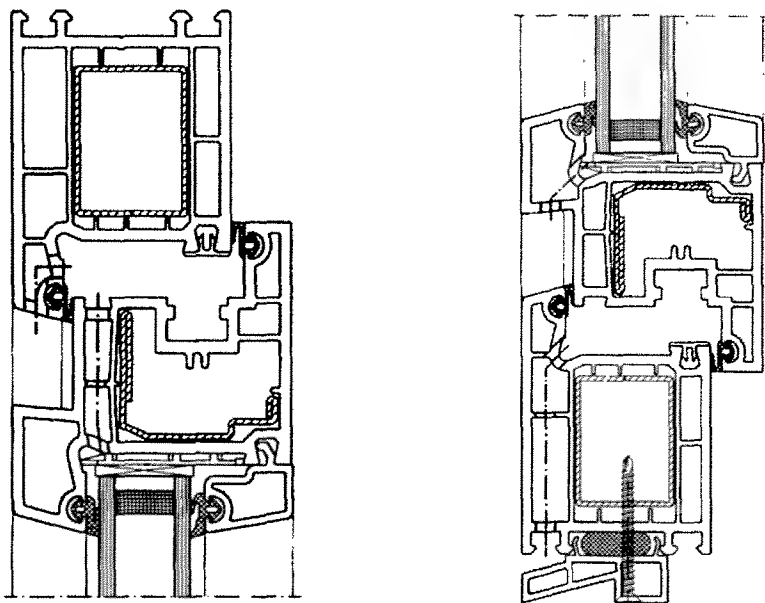


Рис. 2.5а. Схема расположения отверстий для водоотвода и выравнивания ветрового давления.
1, 2, 3 — отверстия для водоотвода и выравнивания ветрового давления

Визуально имеющиеся расхождения по этому пункту между различными строительными нормами не представляются принципиальными, поскольку наличие дренажных отверстий в предкамере предполагает попадание холодного воздуха во внутреннюю полость между рамой и створкой, а также под стеклопакет (рис. 2.6.).

Как показывает опыт эксплуатации ПВХ-окон, **негативный эффект резко проявляется, как правило, если отверстия не смещены относительно друг друга по стенкам профиля, а профрезерованы насквозь.**

При этом, в зависимости от ориентации здания относительно розы ветров, наиболее неблагоприятное сочетание низких температур с ветром может вызвать выпадение конденсата на поверхности стеклопакета, обращенной в помещение, уже при температуре наружного воздуха, равной - 3.....- 4 °С.



**Рис. 2.56. Правило устройства отверстий для водоотвода и выравнивания ветрового давления.
Система VEKA Softline AD**

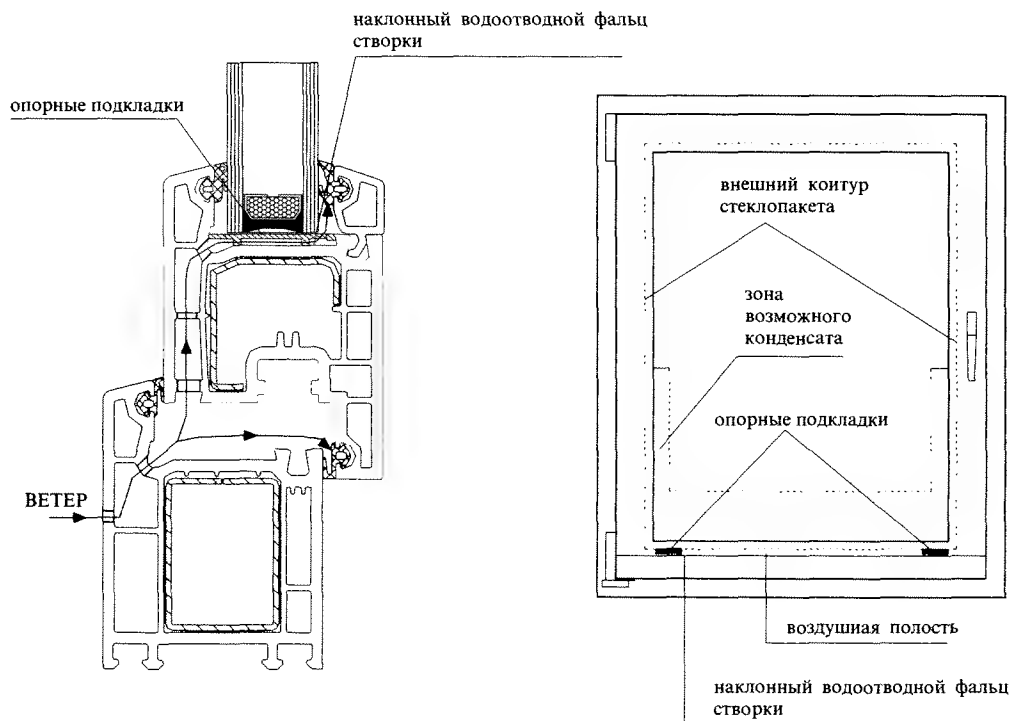


Рис. 2.6. Инфильтрация холодного воздуха через дренажные отверстия

В качестве примера, иллюстрирующего влияние дренажных отверстий на температурный режим краевой зоны стеклопакета, приведем результаты обследования двух окон, установленных на 2-ом этаже 12-ти этажного жилого дома.

Обследованные оконные блоки имели габаритную ширину 1770 мм и высоту 1430 мм. Состояли из глухой части, размером 1170 х 1430 мм, и открываемой части, размером 600 х 1430 мм. Окна были изготовлены из профиля «INTERTEC – S» с тремя контурами уплотнения, как показано на рис. 2.7.

Из рисунка хорошо видно, что характерной особенностью рамного профиля обследованных окон является малая толщина дренажной камеры (поз. 1). В данном случае она составляет всего 8 мм, в то время как в большинстве других профильных систем этот размер, как правило, превышает 11–12 мм (см. рис. 2.2).

Нетрудно заметить, что чем меньше толщина дренажной камеры профиля, тем сложнее технологически выполнить смещение дренажных отверстий, требуемое нормативными документами. В обследованных окнах имелось четыре сквозных дренажных отверстия, при этом три из них приходились на глухую часть, длиной 1170 мм.

Поскольку окна выходили на летное поле, сочетание низких температур с ветром вызывало запотевание стеклопакета на глухом остеклении уже в октябре при температуре наружного воздуха, равной $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Интересно отметить, что в открываемой части с длиной профиля 600 мм и одним сквозным дренажным отверстием выпадение конденсата начиналось при температуре, близкой к $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом профиль створки системы «INTERTEC – S» имеет ширину дренажной камеры, равную 20 мм.

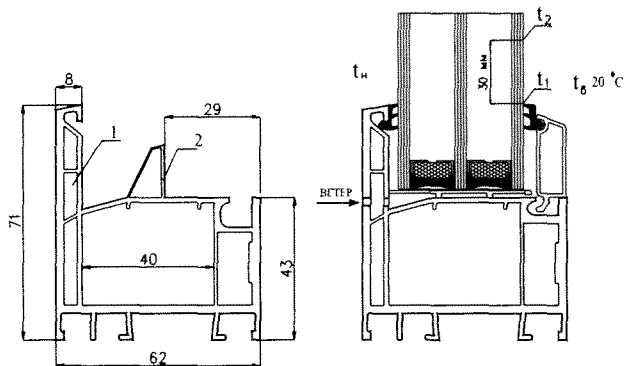


Рис. 2.7. Исследование процессов теплопередачи через дренажные отверстия рамного профиля с тремя контурами уплотнений при глухом остеклении (армирующий вкладыш не показан).

1 – дренажная камера, 2 – опорный элемент для среднего контура уплотнения (при изготовлении глухих окон срезается), t_1 и t_2 – контрольные точки для определения температур

Для анализа результатов натурных наблюдений было проведено численное моделирование процессов теплопередачи в профиле рамы (см. рис. 2.7), с установленным стеклопакетом (глухое остекление) для двух случаев:

1. Дренажные отверстия закрыты. Инфильтрация холодного воздуха внутрь профиля отсутствует.
2. Дренажные отверстия открыты.

Температура воздуха внутри помещения t в обоих случаях принималась равной $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как показали результаты моделирования, в случае закрытых отверстий, температура на поверхности стекла, обращенной в помещение, в месте примыкания внутреннего контура уплотнения составила $t_1 = +13^\circ\text{C}$ при температуре наружного воздуха, равной $t_n = -32^\circ\text{C}$. На высоте 3 см от контура внутреннего уплотнения температура стекла равна $t_2 = +15^\circ\text{C}$.

При попадании в дренажные отверстия холодного воздуха с улицы, уже при его температуре, равной $t_n = -10^\circ\text{C}$, температура на поверхности стекла, обращенной в помещение, в месте примыкания внутреннего контура уплотнения падала до $t_1 = -2.7^\circ\text{C}$, а на высоте 3 см от контура внутреннего уплотнения температура стекла равнялась всего лишь $t_2 = +3.8^\circ\text{C}$.

Таким образом, расположение дренажных отверстий оказывает определяющее влияние на явления, связанные с промерзанием краевой зоны стеклопакета, продувания холодного воздуха через уплотнения и появления наледи в водоотводном фальце как створки, так и рамы. При этом наиболее уязвимым с точки зрения всех перечисленных дефектов является глухое остекление.

Очевидно, что водоотвод из ПВХ-профиля жизненно необходим, поскольку в результате существенной разницы в величине коэффициента температурного расширения профиля и стекла, а также относительно невысокой долговечности (2-3 года) ЭПДМ-уплотнителей, разуплотнение окна в той или иной степени в процессе эксплуатации неизбежно. Появившихся в результате этих явлений неплотностей будет достаточно для попадания атмосферной влаги в профиль при сильном дожде или в результате оттаивания снега при обильном снегопаде. Аналогично неизбежно и проникновение внутрь профиля теплого воздуха со стороны помещения. При отсутствии водоотвода на водоотводном фальце под стеклопакетом будет накапливаться лед, что в конце концов приведет к растрескиванию стеклопакета и профиля.

Наиболее разумным решением проблемы представляется идея, связанная с организацией «теплого водостока», в определенном виде реализованная в последних разработках крупных производителей профильных систем для энергоэффективных зданий (программа «Пассив Хаус» (дом с пассивным отоплением)). В более масштабном виде она хорошо известна строителям с точки зрения организации водоотвода с кровель в зимнее время при подтаивании снега.

На рис. 2.8. показана комбинация рамы и створки системы VEKA TOPLINE PLUS в нижней части окна. Наружные камеры как рамного, так и створочного профиля (поз. 1) заполнены полиуретановой пеной, а дренажная камера как таковая (поз. 2) находится полностью в теплой зоне. Из рамного профиля вода стекает по подставочному профилю (поз. 3), который может быть также утеплен.

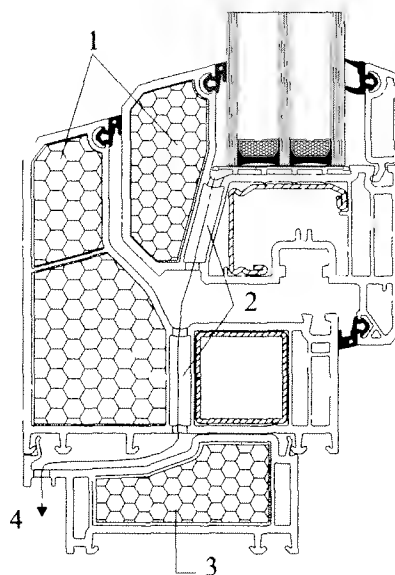


Рис. 2.8. Комбинация рамы и створки системы VEKA TOPLINE PLUS

1 — наружная камера, 2 — дренажная камера, 3 — подставочный профиль, 4 — водоотвод

Таким образом, в описанной системе профилей практически полностью исключается перемешивание холодного и теплого воздуха внутри профиля, а, следовательно, и образование наледи. В более дешевом и массово распространенном в настоящее время варианте 3-х камерных систем негативные эффекты могут быть смягчены за счет организации водоотвода «вниз».

2.2.4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОН ИЗ ПВХ-ПРОФИЛЕЙ

Выше были рассмотрены конструктивные решения и принцип построения оконных профильных систем из ПВХ. При этом описанные характеристики, отражающие фундаментальные основополагающие принципы, далеко не исчерпывают всех возможностей, которыми располагают архитекторы и инженеры-проектировщики, закладывая окна из ПВХ в проектных решениях. Вместе с тем, как и для любого строительного изделия, у металлопластикового окна существуют функциональные ограничения, накладываемые технологическими особенностями его изготовления.

Как показывает опыт применения окон из ПВХ, как у архитекторов, так и у инженеров-строителей возникают многочисленные проблемные ситуации, вызванные незнанием особенностей технологического процесса.

Поскольку **при нормальной организации производства архитектор и проектировщик выступают непосредственно в качестве постановщика задачи производителю**, имеет смысл рассмотреть основные технологические операции производства окон с поливинилхлоридными переплетами, отличающие их от более знакомых в нашей стране окон из дерева и алюминия.

При этом с точки зрения архитектурного проектирования интересны прежде всего такие технологические возможности как цветовой решение, возможности формообразования, ограничения по максимальным размерам.

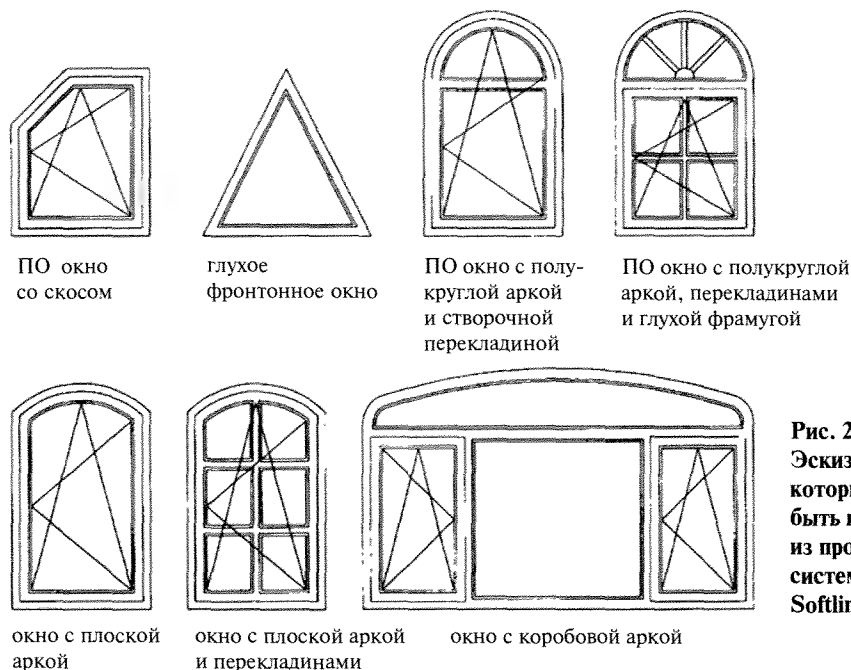


Рис. 2.9.
Эскизы окон, которые могут быть изготовлены из профильной системы VEKA Softline AD

На рис. 2.9 приведены эскизы окон, которые могут быть изготовлены из профильной системы VEKA Softline AD. Диаграмма наглядно иллюстрирует возможности ПВХ-профилей с точки зрения изготовления окон как прямоугольной формы, так и имеющих скосы под тупыми и острыми углами, а также различные закругленные формы. Следует отметить, что из всех оконных материалов ПВХ представляет наибольшие возможности гибки с различными радиусами кривизны.

Технологическая цепочка изготовления стандартного окна включает в себя последовательное выполнение следующих операций:

- 1) доставка, разгрузка и складирование профиля;
- 2) нарезка профиля на заготовки;
- 3) нарезка стального усилителя;
- 4) вставка и крепление стальных усилителей;
- 5) сверление и фрезерование отверстий для водоотлива, вентиляции и фурнитуры;
- 6) сваривание углов рамы и створки;
- 7) механическое присоединение вертикальных и горизонтальных импостов;
- 8) зачистка углов;
- 9) монтаж фурнитуры;
- 10) вставка уплотнителей по контуру окна;
- 11) вставка стеклопакетов (остекление);
- 12) функциональный контроль, проверка комплектации и промежуточное складирование готовых окон;
- 13) окончательный выходной контроль качества, отгрузка и доставка потребителю.

Остановимся на каждой из операций более подробно.

Доставка, разгрузка и складирование профиля. Возможности цветового решения при оформлении заказа. Профили для изготовления окон поставляются в специальных упаковках — *паллетах*. Длина профиля, выходящего из экструдера и упаковываемого в паллету, составляет 6,5 м.

Профили могут поставляться как *белыми*, так и *окрашенными в массу* в соответствии с каталогом производителя. На профили с одной или с двух сторон может быть нанесена *ламинирующая пленка*, аналогично в соответствии с каталогом (**Прил. 7 и 8 «Цветовые решения профилей»**). При необходимости изготовитель окон для единичного конкретного объекта может заказать ламинацию профиля пленкой, которая отсутствует в каталоге производителя профильной системы, однако может быть нанесена на профиль предприятием, специализирующимся на ламинации.

На производстве профили следует хранить на жестких стеллажах, чтобы избежать провисания и скручивания. Высота уложенных в штабели профилей не должна превышать 1 м. Профили нельзя хранить под открытым небом, избегая болезненных для ПВХ перепадов температур, вызванных перегревом солнечными лучами и переохлаждением в зимнее время.

Нарезка профиля на заготовки. Оконный профиль нарезается по размерам индивидуально для каждого окна с соответствующими допусками, указываемыми в техническом руководстве производителя профильных систем. Профили нарезаются на двухголовочной или одноголовочной усорезной пиле с углом реза $90^{\circ} - 20^{\circ}$ и длиной реза до 6100 мм * в зависимости от модели пилы.

- Здесь и далее приводятся характеристики производственного оборудования немецкой фирмы URBAN, являющейся крупнейшим мировым производителем оборудования для производства окон из ПВХ. Возможности оборудования других производителей могут отличаться.

Нарезка стального усилителя осуществляется на специальной пиле по металлу. Тип стального усилителя принимается в соответствии со статическим расчетом.

Отрезанный усилитель для рамы и створки должен иметь длину на 10 мм меньше ПВХ-профиля, в который он вставляется. Таким образом обеспечивается расстояние в 5 мм по краям оконного профиля, необходимое для сварки заготовок между собой (рис. 2.10). Для импостов и поперечин, устанавливаемых при помощи механических соединителей, усилитель отрезается короче профиля на 15 мм.

Вставка и крепление стальных усилителей. Усилитель закрепляется в профиле шурупами. Первый шуруп завинчивается на расстоянии 15–20 см от угла. Расстояние между шурупами составляет 25–30 см.

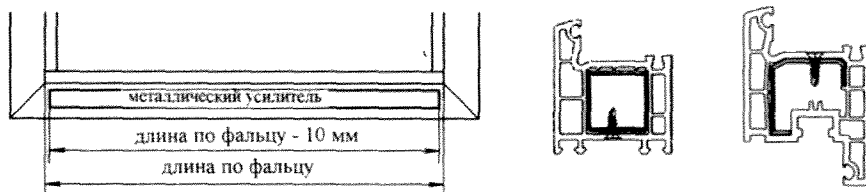


Рис. 2.10. Установка металлического усилителя в оконный профиль из ПВХ

Сверление и фрезерование отверстий для водоотлива, вентиляции и фурнитуры.

В профилях с прикрученными усилителями при помощи специальных фрез вырезаются дренажные отверстия, отверстия для выравнивания ветрового давления, а также отверстия для замка и ручки.

Сваривание углов рамы и створки. Соединение профильных заготовок между собой в углах производится при помощи сварки. *В оконном блоке между собой по углам свариваются только профили рамы и створки.* Закрепление импоста, осуществляемое при помощи механических соединителей, и штапика, вщелкиваемого в пазы рамного и створочного профиля, и не соединяемого дополнительно по углам, будут рассмотрены ниже. Для сварки оконных профилей применяются сварочные машины с нагревательными элементами. Поверхность нагревательных элементов покрывается тефлоновой пленкой определенной толщины. Пленка заменяется после 300–400 сварочных операций. Сварка производится при температурах нагревательных элементов 240 – 250°C. Для сварочных работ применяют сварочные машины с диапазоном сваривания от 30° до 180°C с контролем температуры, которая должна поддерживаться постоянной на протяжении всего времени выполнения операции (30 секунд – нагрев и 40 – 45 секунд соединение).

Сварочные машины оснащаются упорами и подкладками – цулагами. Сварочные цулаги индивидуальны для каждого вида профилей (рис. 2.11). Набор цулаг поставляется изготовителю окон непосредственно разработчиком профильной системы.

Сваренные профили должны остывать около 20 мин прежде чем их можно будет обрабатывать дальше.

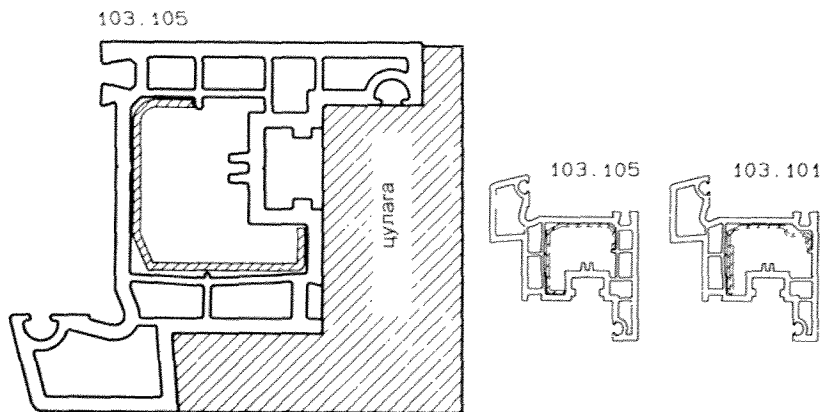


Рис. 2.11. Сварочная цулага для профиля створки

Необходимо отметить, что площадь углового сварного шва, а также его качество наряду с характером закрепления импоста являются определяющими для пространственной работы оконного блока под действием эксплуатационных и монтажных нагрузок.

Светлый наплавленный валик вблизи сварного шва означает, что сварка была проведена правильно. Если при сварке белого профиля образуется наплавленный валик коричневого цвета с шероховатой поверхностью, это означает что произошел пережог материала из-за слишком высокой температуры сварки или слишком долгого времени плавления. *Окна с такими дефектами не принимаются для установки в проемы и однозначно подлежат переделке.*

После охлаждения сварные швы зачищаются изнутри и снаружи. Сварочный наплав удаляется при помощи ручных или автоматических установок.

Механическое присоединение вертикальных и горизонтальных импостов. После изготовления рамы, в нее вставляются вертикальные и горизонтальные импосты (поперечины). В каждой профильной системе разработан свой узел крепления импоста, однако все решения сходятся между собой в общем принципе. На рис. 2.12 показаны два варианта крепления импоста системы VEKA Softline AD. Соединитель, закрепляемый при помощи торцевых шурупов (рис. 2.12 а), наиболее распространен. В системе VEKA Softline AD для его крепления применяется специальный профиль импоста (с отверстиями для шурупов), в других системах (например PlusTec и Rehau S 730) применяется соответствующая крепежная вставка. Соединитель на основе П-образного стального элемента (рис. 2.12 б) более прочен. В расчетной схеме рамы он может быть принят в качестве равноценного сварке. Вместе с тем, это решение и более дорого, и применяется далеко не во всех профильных системах.

Для точного примыкания к рамному профилю заготовка импоста на концах фрезеруется по контуру на специальном фрезерном станке, после чего закрепляется в соответствии с принятой схемой.

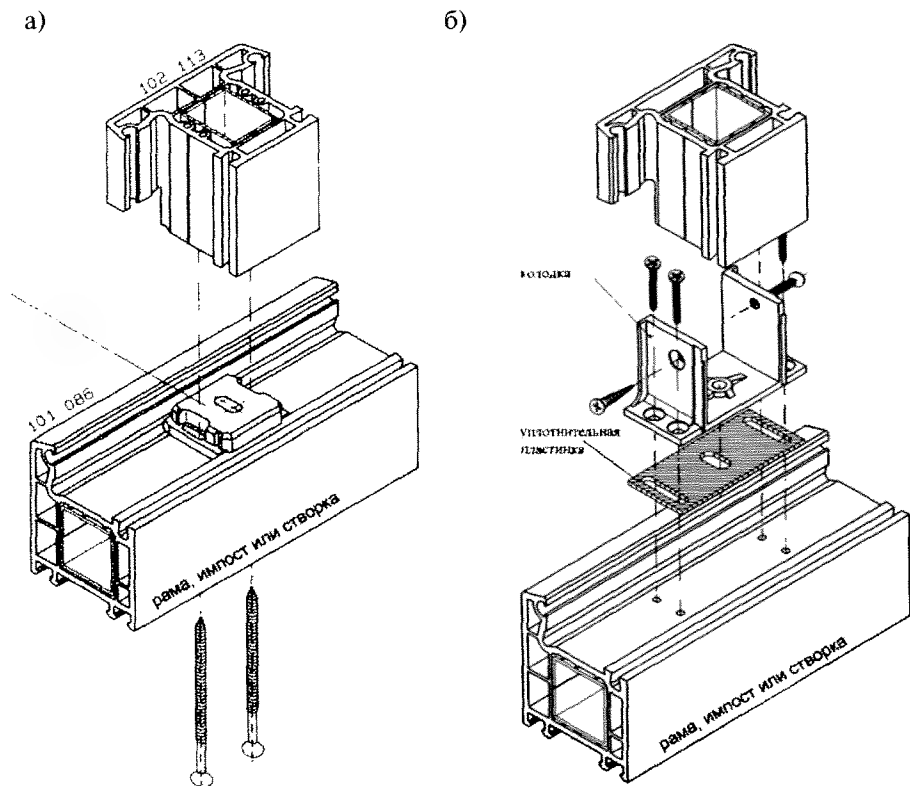


Рис. 2.12. Механическое присоединение импоста (система VEKA Softline AD):
а) при помощи торцевых шурупов; б) при помощи П-образного стального соединителя

Монтаж фурнитуры; вставка уплотнителей по контуру окна. После сварки и установки импостов, по периметру рамы и створки укладываются уплотнения. Укладка уплотнений осуществляется вручную с допуском на сжатие по длине 1%. Уплотнения поставляются покрытые тонким силиконовым слоем, нанесенным пульверизатором. Благодаря этому они легко устанавливаются в паз. Укладка уплотнения начинается с середины верхней части окна. Любая профильная система имеет несколько видов уплотнения — как для рамы и створки, так и для штапика. В зависимости от типа устанавливаемого уплотнения оно непрерывно прокладывается через углы или надрезается по углам и стыкуется без зазора с проклейкой. В любом случае, по всему периметру окна должен обеспечиваться равномерный сплошной уплотняющий контур без разрывов.

Уплотнение для штапика может выполняться двумя способами: 1) укладываться по контуру рамы или створки и затем зажиматься штапиком при остеклении; 2) нарезаться и устанавливаться вместе со штапиком, при этом штапик может поставляться в палетах уже со вставленным уплотнением или иметь коэкструдированное уплотнение. Тип уплотнения и штапика подбирается в зависимости от принятой толщины

стеклопакета. С точки зрения трудозатрат при изготовлении окон второй способ более удобен.

Вставка стеклопакетов (остекление) и закрепление их при помощи штапиков. Штапик является элементом, устанавливаемым на завершающей стадии изготовления окна. До штапика на окно устанавливается комплект фурнитуры и стеклопакеты, правила установки которых рассмотрены в соответствующих разделах (главы 2 и 3), а также в главе 9 (монтаж), поскольку необходимость расстекления и обратного застекления окна является технологической операцией, в большинстве случаев необходимой для монтажа окон непосредственно на строительном объекте.

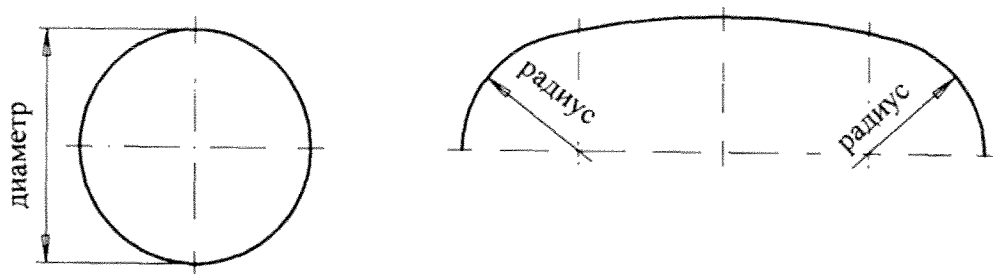
Штапики режутся на пиле для резки штапиков под углом 45°. Штапики длиной менее 400 мм режутся под прямым углом. Ножка на концах штапика в любом случае режется под углом 45° в противоположном направлении. Благодаря комбинированному пильному диску штапик режется при ходе пильного полотна вперед, а ножка назад. За счет этого наплавленный валик сварного шва рамы или створки не мешает установке штапика. В случае вставленного на заводе уплотнения, уплотнение режется вместе со штапиком. Если применяется штапик без уплотнения, вначале режется штапик, затем уплотнение для стекла укладывается в штапик и отрезается кусачками точно по заданному размеру.

При установке штапиков, нарезанных под углом 45°, вначале устанавливаются более короткие штапики, потом более длинные. Штапики вбиваются несильными ударами при помощи пластмассового или резинового молотка. При установке штапиков, нарезанных под прямым углом, вначале укладываются горизонтальные штапики, затем вертикальные. При необходимости расстекления окна штапик снимается при помощи острого шпателя.

Гибка оконного профиля. Как показывает практика, наибольшее количество спорных моментов между проектировщиками и изготовителями вызывают конструктивные решения арочных и круглых окон, т.е. все то, что связано с гибкой ПВХ. На рис. 2.13 приведена таблица минимально возможных радиусов гибки для профилей рам и створок системы VEKA Softline AD. Гибка рам и створок является наиболее отработанной стандартной операцией. Кроме того, можно гнуть импостные и шульповые профили.

Для того, чтобы согнуть оконный профиль из жесткого ПВХ, его необходимо разогреть до температуры размягчения, после чего определенным образом приложить изгибающие нагрузки, так чтобы получить изогнутый элемент с заданными геометрическими параметрами. Изгиб профиля должен осуществляться в одной плоскости, при этом необходимо избежать выгиба из плоскости (депланации) узких наружных стенок профиля.

Очевидно, что при многокамерной полый структуре ПВХ-профиля, это требование является практически невыполнимым. Поэтому непосредственно до разогрева профиля в его основную камеру по всей длине заготовки вводят специальный вкладыш из отдельных кусочков жесткого ПВХ, соединенных между собой. Пластиковые гибочные вкладыши индивидуальны для каждого профиля и называются цепями.



	мин. диаметр в см	мин. радиус в см
рама 55 мм	55	27,5
рама 67 мм	70	35
рама 76 мм	75	37,5
рама 82 мм	80	40
рама 100 мм	100	50
створка 67 мм	70	35
створка 82,5 мм	80	40
створка 100 мм	100	50

Рис. 2.13. Таблица минимальных радиусов арочных и круглых окон для глухих и открывающихся окон системы VEKA Softline AD

После вставки основной внутренней цепи профиль разогревают в термокамере за счет инфракрасного излучения или (что является более старым методом) в глицериновой ванне. При этом равномерность прогрева профиля является определяющим фактором для качества гибки.

Разогретый профиль помещают на специальный стол с зафиксированными согласно проектному радиусу роликовыми направляющими. По бокам профиля выставляются еще две обжимные цепи, после чего осуществляется его изгиб. Размер рабочего стола определяет максимальный радиус изгиба дуги. При этом минимальный радиус (рис. 2.13) определяется жесткостью профиля.

Таким образом, при всей простоте изготовления окон из ПВХ, гибка профиля является сложной операцией, требующей определенного опыта и навыков. Очевидно, что при изготовлении окна с открывающейся арочной створкой достаточно трудно в идеале выдержать совпадение радиуса изгиба рамного и створочного профиля. Если учесть при этом, что изогнутые профили не могут быть проармированы, то сложности в эксплуатации такого окна (за счет проблем организации плотного прижима в арочной части) дополнительно за счет температурных деформаций неармированного ПВХ становятся очевидны. Не случайно опытные производители по возможности стараются сделать арочные части окон глухими.

Наглядно взаимосвязь архитектуры и технологических решений может быть проиллюстрирована на примере реальных объектов, возведенных и эксплуатирующихся в настоящее время.

На рис. 2.14 показаны фрагменты фасадов индивидуального жилого дома, проектом реконструкции которого предусматривалась переделка гаража под столовую с заменой прямоугольных окон на арочные. Заказчиком было особо отмечено пожелание замены гаражных ворот на полностью открывающиеся арочные окна.



**Рис. 2. 14. Индивидуальный жилой дом.
Реконструкция с заменой прямоугольных оконных проемов на арочные.
Автор проекта остекления – И. В. Борискина**

Как уже отмечалось выше, полностью открывающееся арочное окно из ПВХ не позволяет обеспечить надежную герметизацию в неармированной арочной части и, кроме того, влечет за собой значительное удорожание за счет применения нестандартного комплекта фурнитуры.

Компромиссное решение было найдено за счет устройства дополнительных проемов над несущей перемычкой гаражных ворот, в которые были вставлены глухие арочные окна. Соответственно строго под ними на всю высоту ворот были установлены прямоугольные поворотно-откидные окна. Это позволило сохранить единый архитектурный облик дома, одновременно создав благоприятное для интерьеров дополнительное верхнее освещение столовой. При этом были обеспечены оптимальные условия для изготовления и эксплуатации окон из ПВХ. Три малых открывающихся арочных окна по боковому фасаду имеют открывание в нижней прямоугольной части, а глухая арочная часть отделена горизонтальным импостом.

2.3. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ АЛЮМИНИЯ

В отличие от окон из ПВХ, алюминиевые окна хорошо известны в нашей стране еще со времен Советского Союза. В практику отечественного строительства окна с пакетным остеклением в переплетах из так называемого «теплого» алюминия были внедрены Всесоюзным институтом легких сплавов уже в 70-х годах. Впервые они были применены при строительстве Института автоматики и телемеханики в Москве. В дальнейшем типовые теплые алюминиевые окна были разработаны институтами Гипромонтажиндустрия и ЦНИИПромзданий для унифицированных одноэтажных зданий с легким металлическим каркасом. Окна из пустотелых алюминиевых профилей, называемые сейчас «холодным» алюминием, применялись при строительстве большинства административных зданий.

В настоящее время на рынке современных алюминиевых окон представлены развитые профильные системы как отечественных, так и зарубежных производителей.

2.3.1. АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ, КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ

По сравнению со сталью алюминий является мягким пластичным материалом. Плотность его составляет $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$, а модуль упругости $E = 71\,000 \text{ Па}$, что почти в три раза меньше плотности и модуля упругости стали. Алюминий очень пластичен — удлинение при разрыве достигает 40–50%, но прочность его весьма низка (предел прочности σ_b составляет порядка 60–70 МПа). Алюминий имеет очень высокую, даже по сравнению с другими металлами, теплопроводность. Его коэффициент теплопроводности составляет $\lambda = 220 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, что почти в 4 раза превышает коэффициент теплопроводности стали. Чистый алюминий быстро покрывается очень прочной окисной пленкой, препятствующей дальнейшему развитию коррозии.

Вследствие низкой прочности технически чистый алюминий в строительных конструкциях применяется крайне редко. Для повышения прочности в него вводят легирующие добавки — магний, марганец, медь, кремний, цинк и некоторые другие элементы. Алюминиевые многокомпонентные сплавы имеют в 2–5 раз большую прочность по сравнению с чистым алюминием, однако их относительное удлинение при этом в 2–3 раза ниже.

Для производства оконных профилей используются сплавы на основе системы Al-Mg-Si, которые по своему химическому составу относятся к деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой. Так, практически все зарубежные производители используют сплав AlMgSi 0.5F22 (сплав N 6060 в соответствии с «Международным регистром сплавов и химических композиций для алюминиевых сплавов», издаваемым Вашингтонской Ассоциацией Алюминия), а российские производители используют сплав АД-31. Прочностные характеристики указанных сплавов принципиально не отличаются между собой и приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Прочностные характеристики алюминиевых сплавов

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	AlMgSi 0.5F22	АД-31
Объемный вес	кг / м ³	2700	2700
Модуль упругости	МПа	710000	71000
Предел прочности	МПа	220	160
Относительное удлинение	%	10	8
Коэффициент температурного расширения	1/°С		20×10^{-6}

Оконные профили из алюминиевых сплавов получают методом прессования — путем механического продавливания заготовки, нагретой до определенной температуры, через матрицу с заданным сечением. В современной терминологии, употребляемой зарубежными производителями, по аналогии с ПВХ применяется такое понятие как «экструзия». Поскольку алюминиевые сплавы, используемые для производства оконных профилей, очень пластичны, метод прессования (экструзии) позволяет получать профили сложного сечения, конструкция которых будет рассмотрена ниже.

Для подготовки к последующей окраске поверхность профилей подвергают электролитической очистке — анодированию. В дальнейшем на профиль при помощи порошкового напыления в термокамере наносится окраска в любой из цветов по каталогу RAL.

2.3.2. ПРОФИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ АЛЮМИНИЯ. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ

Переходя непосредственно к описанию конструктивных особенностей профилей, а также профильных систем, при последующем изложении будем использовать терминологию, общепринятую для оконных профилей из алюминиевых сплавов, условно называя их «алюминиевыми профилями».

Следует отметить, что в отличие от профильных систем из ПВХ, практически полностью ориентированных на решение задач, связанных с заполнением небольших оконных проемов жилых и общественных зданий (как вновь возводимых, так и реконструируемых), алюминий — это прежде всего фасадная технология. Иными словами, алюминий в светопрозрачных конструкциях применяется там, где необходимо устройство остекления большой площади, воспринимающего значительные по величине статические и динамические нагрузки.

В соответствии с функциональным назначением, профили для алюминиевых окон как таковые, в отличие от ПВХ, не имеют своей ярко выраженной системной идеологии. Непосредственно алюминиевая оконная система строится по тому же принципу, что и система профилей из ПВХ. При этом номенклатура основных и дополнительных профилей, как правило, адаптирована к решению задач витражного остекления.

Оконные системы из алюминия, таким образом можно рассматривать как своего рода подсистему, сателлит системы фасадных профилей (витражной системы), конструктивные решения которых рассмотрены в главе 10. В этом смысле можно говорить о том, что окна из алюминия выпускаются производителями прежде всего потому, что их необходимо вставлять в фасадные остекленные стены.

2.3.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ

Системы алюминиевых оконных профилей образуются тонкостенными профилями, геометрия которых определяется функциональным назначением системы и ее профили могут выполняться одно- и многокамерными. При этом высокая теплопроводность алюминия определяет разделение профилей на две основные группы по теплотехническим характеристикам: **«холодный профиль»**, применяемый при изготовлении окон для неотапливаемых объектов, при остеклении витрин и балконов, в конструкциях внутренних перегородок и дверей, показанный на рис. 2. 15. и **«теплый профиль»** для окон и остекленных дверей отапливаемых помещений.

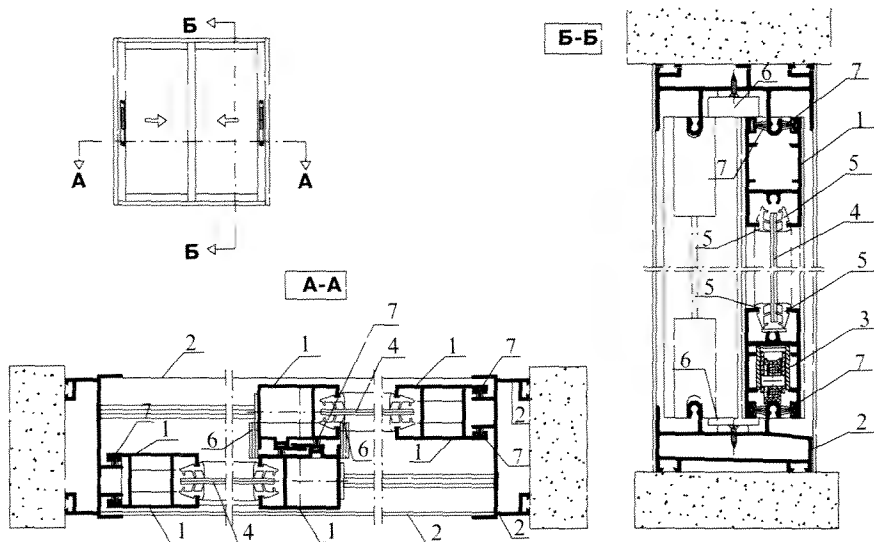


Рис. 2.15. «Холодные» алюминиевые профили для витринного и балконного остекления.
Раздвижная система: 1 — профиль створки; 2 — профиль рамы; 3 — рельс; 4 — одинарное стекло; 5 — уплотнители; 6 — верхний и нижний ограничители движения створки; 7 — щеточное воздухопроницаемое уплотнение между подвижными створками

Теплый профиль отличается от холодного наличием *термоизолирующей вставки* (в некоторых источниках — «термовставка» или «термомост»), разделяющей наружную и внутреннюю части профиля. В силу такого построения теплый профиль называют иногда «*комбинированным профилем*». В наиболее распространенном варианте термовставка представляет из себя две изолирующие планки из армированного стекловолокном полиамида*, характеристики которого приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Прочностные характеристики стеклонаполненного полиамида-6

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	ВЕЛИЧИНА
Объемный вес	кг · м ³	1300
Коэффициент температурного расширения	1/°C	15... 25 × 10 ⁻⁶
Предел прочности (временное сопротивление разрыву)	МПа	98... 215
Относительное удлинение при разрыве	%	1.5 - 2
Коэффициент теплопроводности	Вт/м °C	1.25 ... 1.46
Предел прочности при сжатии	МПа	105 ... 165

Термовставки закатываются между алюминиевыми профилями на вальцово-закаточной линии с высокой степенью прочности и точностью по геометрии комбинированного профиля. В зависимости от фирмы-изготовителя ширина термоизолирующей вставки колеблется в пределах 18–34 мм. Сечения готовых профилей с термовставками и комбинация «теплых» рамы и створки показаны на рис. 2.16.

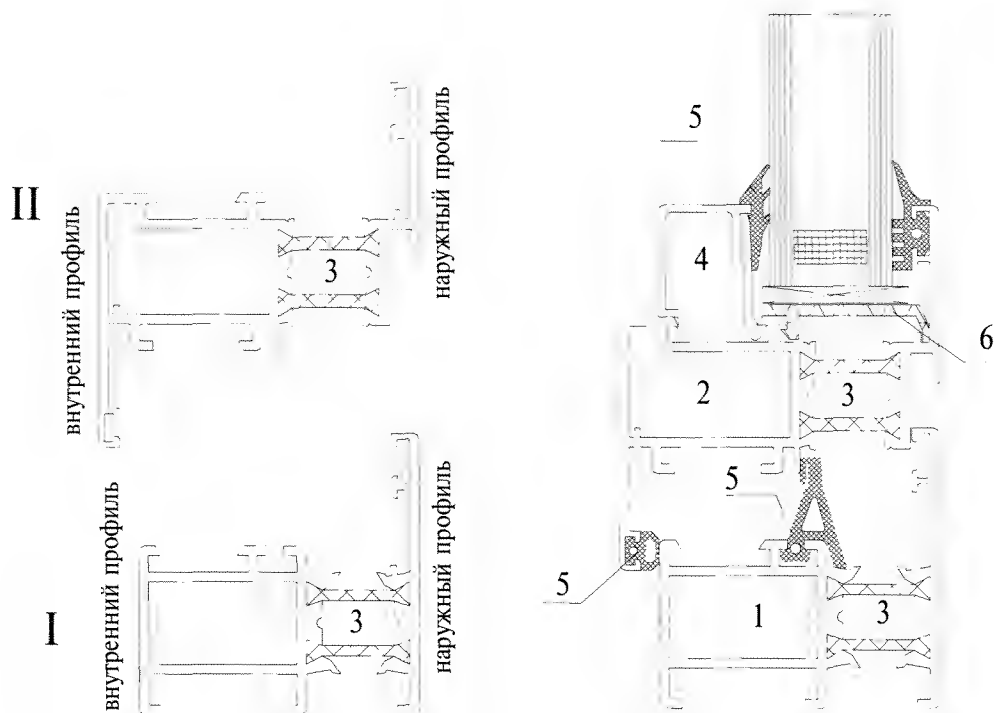


Рис. 2.16. Конструкция алюминиевых профилей с термовставками (система Yawal PI 50)

I – профиль рамы; II – профиль створки; 1 – рама, 2 – створка, 3 – полиамидные вставки, 1' и 2' – «внутренние» образующие профили соответственно рамы и створки, 1'' и 2'' – «внешние» образующие профили соответственно рамы и створки, 4 – штапик, 5 – уплотнители, 6 – подкладка под стеклопакет

- Используемый в конструкции «теплых» алюминиевых профилей стеклонеполненный полиамид относится к группе слоисто-волокнистых композитов – конструкционных композитных материалов, состоящих из двух компонентов и более с сохранением индивидуальности каждого компонента.

Основным элементом композита является армирующий (усиливающий) наполнитель, удерживаемый в заданных форме и размерах полимерной матрицей, называемой на стадии изготовления композита связующим. Армирующие наполнители могут быть в форме волокон, нитей, жгутов, сеток, тканей, лент, холстов, листа бумаги и др., получаемых из стекла, керамики, углеродных и органических (полимерных) материалов. Прочность этих наполнителей может составлять от 2 до 32 ГПа.

Армирующие наполнители, воспринимая основную часть внешней нагрузки, обеспечивают прочность и жесткость композита. Свойства волокон, их размеры и форма, характер расположения в полимерной матрице и содержание определяют упругопрочностные и деформационные свойства композиции.

Полиэфирные стеклопластики – термореактивные материалы на основе полиэфирных смол, получаемые путем пропитки стеклянного волокна или стеклоткани термореактивными полимерами с последующим отверждением. Как и стеклонаполненный полиамид, используемый в термовставках алюминиевых профилей, стеклопластик относится к группе слоисто-волоконистых композитных материалов.

Применение стеклопластиков в конструкциях оконных профилей прежде всего связано с попыткой соединить в одном материале достоинства алюминия и ПВХ, соответственно исключив недостатки. Действительно, благодаря армирующему эффекту стекловолокна, стеклопластики отличаются очень высокой прочностью (порядка $410 - 1180 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$ при сжатии и $690 - 1240 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$ при изгибе), выдерживают воздействие температур от -70°C до $+170^\circ\text{C}$. При этом их коэффициент линейного расширения в интервале температур от -60 до $+50^\circ\text{C}$ близок к стеклу и составляет $11 \dots 13 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, а коэффициент теплопроводности $\lambda = 0.3 - 0.35 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ близок к ПВХ. Таким образом в окнах из стеклопластика одновременно снимаются проблемы низкой прочности и температурных деформаций, болезненные для ПВХ, и характерная для алюминия высокая теплопроводность.

Казалось бы, по всем своим показателям стеклопластиковые окна должны быть вне конкуренции. Однако между потенциальными характеристиками материала и конечным изделием из него неизбежно возникает вопрос технологии.

Стеклопластиковые оконные переплеты, как и алюминиевые с термовставками, не являются для нашей страны новшеством. Окна из стеклопластиков с пакетным остеклением применялись в экспериментальном жилищном строительстве бывшего СССР. Их производство было освоено в России Саратовским заводом технического стекла. За рубежом стеклопластиковые окна известны, как и ПВХ, с конца 50-х. Однако, вплоть до сегодняшнего дня в этом направлении не удалось совершить ощутимого технологического прорыва, который позволил бы получить конкурентоспособные с ПВХ и алюминием конструктивные решения профильных систем из стеклопластика.

Для изготовления профилей, которые производились на Саратовском заводе, использовали стеклохолст и связующее, представлявшее собой смесь жидкого бакелита, олеиновой кислоты и красителя. Стеклохолст после пропитки связующим подсушивали при температуре $100-120^\circ\text{C}$, а затем разрезали на заготовки, из которых впоследствии изготавливали переплеты. Переплеты изготавливались в пресс-формах при 135°C с выдержкой в течение 40-50 мин под давлением.

Современные оконные профили из стеклопластика, поставляемые на рынки стран СНГ из Канады, получают методом *пултрузии* – протягивания через нагретую фильеру стекловолоконного материала, пропитанного термореактивной смолой. На выходе из фильеры получается готовое изделие – оконный профиль. Впоследствии на профиль, по аналогии с алюминием, наносится окрасочное покрытие.

Такая технология позволяет получить тонкостенные профили, сходные по своей конструкции с «холодным» алюминием — однокамерные, имеющие два контура уплотнения (рис. 2.19).

Очевидно, что однокамерный профиль, даже изготовленный из материала, имеющего относительно низкую теплопроводность, не может обеспечить требуемых теплозащитных характеристик за счет интенсивного радиационного и конвективного теплообмена между стенками основной камеры.

В конструкциях стеклопластиковых переплетов, применявшихся в СССР и Европе в 70-е годы, по аналогии с алюминием, внутрь профиля вставляли сердечник из древесно-стружечных плит. Однако опыт эксплуатации таких окон показал, что через отверстия в местах крепления фурнитуры (оконных ручек и петель) в сердечник проникала влага, что в ряде случаев приводило к размораживанию переплетов.

Следует отметить, что проблема так и не нашла своего решения вплоть до сегодняшнего дня.

При этом однокамерная конструкция не является единственным технологическим ограничением стеклопластиковых оконных профилей. Стеклопластиковые профили не свариваются, не гнутся (например арочные окна не могут быть изготовлены из стеклопластика); непосредственно перед покраской практически невозможно получить идеально гладкую поверхность, идентичную алюминию и ПВХ.

Таким образом, окна с переплетами из стеклопластика имеют очень ограниченную сферу применения — в зданиях со специальными требованиями (в основном промышленных с агрессивной воздушной средой и интенсивными тепловыделениями), где не могут быть установлены окна из алюминия и ПВХ. При этом на сегодняшний день производство стеклопластиковых профилей все еще остается дорогим и трудоемким.

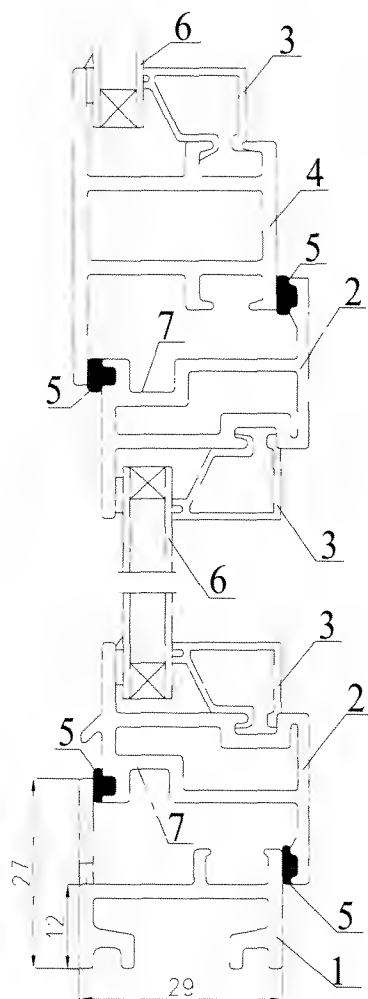


Рис. 2.19. Конструктивные решения стеклопластиковых оконных профилей: 1 — профиль рамы, 2 — профиль створки, 3 — профиль штапика, 4 — профиль импоста, 5 — уплотнения, 6 — стеклопакет

2.5. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ ДЕРЕВА

Древесина является натуральным природным материалом, позволяющим получить ни с чем не сравнимые уютные интерьеры и микроклимат в сочетании с большим разнообразием форм и оттенков, а для производства окон является материалом традиционным и наиболее отработанным.

До недавнего времени трудно было представить, что оконные конструкции в массовом гражданском строительстве будут производиться из какого-либо другого материала. На территории Советского Союза располагалась почти четверть мировых лесных богатств. В настоящее время деревянные окна, производимые из отечественного сырья, занимают значительную часть оконного рынка.

Деревянные окна являются наиболее дорогими из всех окон, поскольку процесс изготовления деревянного окна в полном соответствии с необходимым технологическим регламентом требует значительных как материальных, так и временных затрат. Для того, чтобы конкретизировать этот тезис, остановимся более подробно на свойствах древесины как конструкционного материала, а также на отдельных особенностях технологии производства деревянных окон.

2.5.1. ДРЕВЕСИНА КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Дерево имеет оригинальную, присущую только ему макроструктуру (рис. 2.20). На разрезе древесного ствола можно различить его основные части — сердцевину, кору, камбий, заболонь и луб.

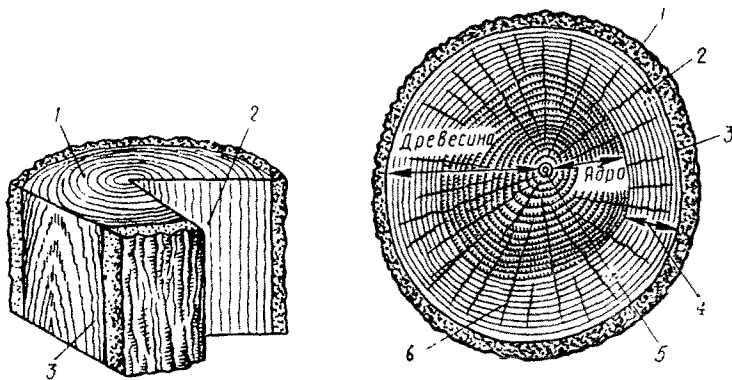


Рис. 2.20. Строение ствола дерева: 1 — кора, 2 — камбий, 3 — луб, 4 — заболонь, 5 — сердцевина, 6 — сердцевинные лучи

Серцевина состоит из клеток с тонкими стенками, слабо связанных друг с другом. Серцевина совместно с древесной тканью первого года развития дерева образует сердцевинную трубку. Эта часть ствола дерева легко гнивает и имеет малую прочность.

Кора состоит из кожицы или корки, пробковой ткани и луба. Корка и пробковая ткань защищают дерево от вредных воздействий среды и механических повреждений. **Луб** проводит питательные вещества от кроны в ствол и корни.

Камбий — слой живых клеток, располагающийся под лубяным слоем растущего дерева. Ежегодно в вегетативный период камбий откладывает в сторону коры клетки луба и внутрь ствола, в значительно большем объеме, — клетки заболони. Деление клеток камбиального слоя начинается весной и заканчивается осенью. Клетки древесины, откладывающиеся ежегодно, образуют годичные кольца. По числу годичных колец определяют возраст дерева.

В процессе роста дерева стенки клеток древесины внутренней части ствола, примыкающей к сердцевине, постепенно изменяют свой состав и пропитываются у хвойных пород смолой, а у лиственных — дубильными веществами. Движение влаги в этой части ствола прекращается, и она становится более прочной, твердой и менее способной к загниванию. Эту часть ствола, состоящую из мертвых клеток, называют у некоторых пород **ядром**, у других — **спелой древесиной**. Часть более молодой древесины ствола ближе к коре, в которой имеются еще живые клетки, обеспечивающие перемещение питательных веществ от корней к кроне, называют **заболонью**. Эта часть древесины имеет большую влажность, относительно легко загнивает, малопрочна, обладает большей усушкой и склонностью к короблению. Лес, стволы которого имеют большой диаметр спелой древесины, наиболее ценится в строительном деле. В некоторых источниках такое дерево называется **спелой древесиной** или **спелым лесом**.

В древесине всех пород располагаются **древесные лучи**, которые служат для перемещения влаги и питательных веществ в поперечном направлении. Древесина легко раскалывается по сердцевинным лучам, по ним же она растрескивается при высыхании.

Для производства окон используется древесина как лиственных, так и хвойных пород. Из хвойных наиболее широко применяются сосна, ель, лиственница, пихта и кедр. Из лиственных — дуб и экзотические породы красной древесины — махагони и меранти. Каждая порода дерева характеризуется своими специфическими свойствами, характеризующими изменение геометрии при объемной усушке, поэтому применение древесины разных пород в одном оконном блоке с этой точки зрения нежелательно.

По своему микростроению древесина представляет собой волокнистую структуру. Ее основную массу составляют различные веретенообразные клетки, вытянутые вдоль ствола. В силу такого строения физические свойства древесины сильно отличаются в направлениях вдоль волокон и поперек.

Основные физические свойства для наиболее распространенных пород древесины, применяемой в производстве окон, приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Основные физические свойства древесины различных пород

Порода дерева	Объемный вес, кг м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт / м °С		Коэффициент объемной усушки, %		Предел прочности, мПа, при		
		вдоль волокон	поперек волокон	вдоль волокон	поперек волокон	растяжении	сжатии	изгибе
Сосна	500	0.18 (0.35)*	0.09 (0.18)	0.120	5.72	103..5	48..5	86
Ель	445	0.18 (0.35)	0.09 (0.18)	молодая 0.122 старая 0.086	молодая 6.72 старая 8.13	103	44..5	79..5

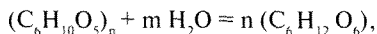
Лист- венница	660	-	-	0.075	6..32	125	64..5	111..5
Пихта	375	-	-	-	-	67	39	68..5
Дуб	690	0.23 (0.41)	0.1 (0.23)	молодой 0.400 старый 0.130	молодой 7..55 старый 7.78	123	57..5	107..5

* В таблице приведены значения коэффициентов теплопроводности дерева в сухом состоянии. В скобках приведены значения, соответствующие условиям эксплуатации древесины в наружных ограждающих конструкциях (Прил. 3 СНиП II-3-79**), принимаемые в теплотехнических расчетах. Повышенные значения коэффициента теплопроводности учитывают увлажнение материала атмосферной и эксплуатационной влагой.

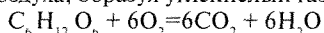
Качество древесины для деревообрабатывающего производства определяют не только на основании физических свойств породы, но и на основании имеющихся в ней пороков. Пороками называют недостатки отдельных участков древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность использования. Наиболее часто встречающиеся из них можно условно разделить на три основные группы: 1) пороки строе-ния древесины (сучки, трещины, наклон и свилеватость волокон и др.), 2) пороки вызванные химическими процессами и грибковыми поражениями и 3) пороки, образующиеся в результате повреждения насекомыми.

*Первая и третья группа пороков, как правило, практически полностью устраня-ются в процессе производства оконных блоков, вместе с тем опасность поражения гриб-ком сохраняется на протяжении всего периода эксплуатации окна, и в значительной степени определяет его долговечность.**

- Питательной средой для дереворазрушающих грибов, вызывающих гниение, является целлюлоза, слагающая стенки клеток древесины. Такие грибы выделяют фермент, который превращает нерастворимую в воде целлюлозу (полисахарид) в растворимый моносахарид:



служащий для питания и дальнейшего развития грибов. В теле гриба моносахарид окисляется кислородом воздуха, образуя углекислый газ и воду.



Древесина при этом меняет окраску, масса ее уменьшается, нарушаются связи между волокнами, она покрывается сетью продольных и поперечных трещин и распадается на призматические или кубические участки или становится трухлявой.

Грибы могут существовать и развиваться только при определенных условиях — наличии кислорода (из воздуха), необходимой влажности (больше 20%) и температуры (обычно +20 ...+40 °С). Древесина с влажностью меньше 18-20% не гниет, а в пораженной гнилью древесине при этих условиях процесс гниения прекращается. **Высокое качество сушки и мероприятия по защите древесины от увлажнения, таким образом, являются важнейшим условием долговечности всех деревянных конструкций, безусловно, включая и окна.**

Все породы дерева имеют приблизительно одинаковый коэффициент линейного расширения, который составляет $2 - 6 \times 10^{-6} [1/^\circ C]$ вдоль волокон и $50 - 60 \times 10^{-6} [1/^\circ C]$ поперек волокон, при этом определяющей является первая величина. Отметим, что коэффициент линейного расширения дерева поперек волокон достаточно высок и сравним по величине с ПВХ.

Однако, в отличие от ПВХ величина линейного температурного расширения для дерева не является определяющей. Гораздо большее влияние на работу деревянных оконных переплетов оказывают процессы, связанные с изменением влажности древесины в процессе эксплуатации окна, а именно — усушка и коробление, вызывающие изменения геометрических размеров оконного профиля.

Древесина обладает способностью поглощать влагу из окружающего воздуха и отдавать ее обратно, при этом постоянно стремясь к достижению некоторой так называемой «равновесной влажности».

Таким образом, дерево чутко реагирует на изменение основных параметров окружающей среды — *температуры* и *относительной влажности*. Каждому сочетанию температуры и относительной влажности соответствует определенная *равновесная влажность древесины*.

Понятие равновесной влажности относится к так называемой «связанной» или «гигроскопической» влаге, содержащейся в клеточных стенках древесины и прочно удерживается в основном за счет физико-химических связей. Кроме того, в древесине может содержаться и *свободная влага*, находящаяся в капиллярах.

При высыхании древесины свободная вода, удерживаемая за счет сил капиллярного взаимодействия, удаляется относительно легко и не оказывает определяющего влияния на свойства древесины. При удалении связанной воды уменьшаются толщина клеточных стенок и поперечные размеры клеток. Происходит так называемый процесс «усушки» древесины.

Величина усушки вдоль и поперек волокон не одинакова. Усушка вдоль волокон в несколько десятков раз меньше, чем поперек волокон. При этом усушка в тангенциальном направлении (от центра поперечного сечения) в 1,5... 2 раза больше, чем в радиальном. *Разница в усушке в различных направлениях и неравномерность высыхания сопровождается возникновением внутренних напряжений в древесине, что может вызвать ее коробление и растрескивание.*

Полная усушка древесины наиболее распространенных отечественных лесных пород в тангенциальном направлении равна 8... 10 %, в радиальном 3... 7 %, вдоль волокон 0,1... 0,3 %, полная объемная усушка 11... 17 %.

Как правило, стандартная отпускная равновесная влажность для изделий из дерева (в том числе и для окон) составляет 10-12%. После установки окон в отапливаемых помещениях (в жилых зданиях с температурой внутреннего воздуха $t_{в} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажностью $F_{в} = 25-30\text{ \%}$ в зимнее время) эта величина в среднем уменьшается до 7-8 %, и остается таковой на протяжении всего периода эксплуатации окна.

Величина усушки β при снижении содержания связанной воды в древесине на 1 % называется коэффициентом усушки K_{β} . С достаточным для инженерных расчетов приближением коэффициент усушки K_{β} на 1 % влажности древесины обычно принимают равным 0,3%.

Как уже отмечалось, каждому состоянию воздушной среды, характеризуемому такими параметрами как *температура* [t , $^{\circ}\text{C}$] и *относительная влажность* [ϕ , %], соответствует своя *равновесная влажность древесины* [W_{ϕ} , %]. Влажность древесины W_{ϕ} равновесную воздушной среде с температурой $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажностью ϕ , определяют по диаграмме, представленной на рис. 2.21.

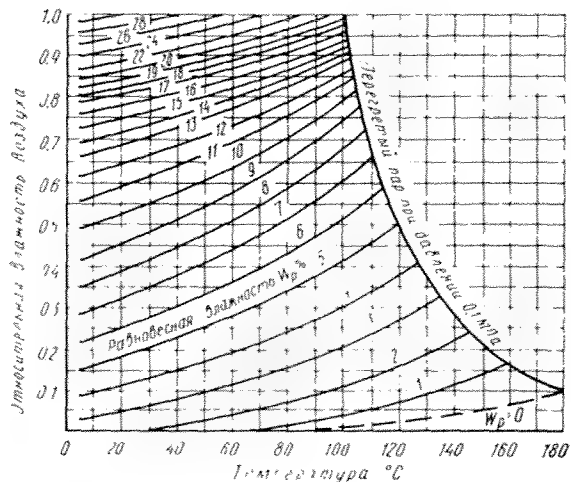


Рис. 2.21. Диаграмма равновесной влажности древесины (по П.С. Серговскому)

ПРИМЕР

Приведем пример расчета изменений геометрических размеров оконных переплетов индивидуального жилого дома, вызванных процессами усушки-набухания древесины в течение годового цикла.

Окна, установленные в конце 1997 г. и обследованные весной 2002 г., имели влажность древесины, определенную экспериментально, равную 6 %. Толщина переплетов — $d=65$ мм («евроокно» — см. раздел 2.5.3)

Если принять, что относительная влажность воздуха зимой внутри помещения достигает $\phi_{\text{в}} \approx 20\%$, а летом составляет величину, близкую к $\phi_{\text{в}} \approx 55\%$ и при этом внутри помещения круглогодично поддерживается средняя температура внутреннего воздуха $t=20$ °С, то согласно диаграмме равновесной влажности (рис. 2.21) можно определить значения равновесной влажности древесины соответственно как

$$W_{\text{л}} = 6 \%, \text{ при } \phi_{\text{в}} = 25\%, \text{ и } t=20 \text{ } ^\circ\text{C}; \text{ и}$$

$$W_{\text{р}} = 10.5\%, \text{ при } \phi_{\text{в}} = 55\%, \text{ и } t=20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Следовательно, изменение влажности древесины в течение годового цикла может составить

$$\delta W = W_{\text{р}} - W_{\text{л}} = 10.5\% - 6\% = 4.5 \%,$$

при этом усушка соответственно будет равна

$$\beta_{\text{в}} = K_{\beta} * \delta W * d = 0.3 * 0.045 * 65 = \underline{0.9 \text{ мм}}$$

Для сравнения:

Для рамы (или створки) толщиной 120 мм эта величина соответственно будет равна

$$\beta_w = K_\beta * \delta W * d = 0.3 * 0.045 * 120 = \underline{1.6 \text{ мм}}$$

Таким образом, при эксплуатации деревянного оконного переплета его геометрические размеры (из плоскости створки) могут колебаться в пределах 1... 1,5 мм на протяжении годового цикла.

Эти явления, связанные с природными свойствами древесины, необходимо учитывать как на стадии изготовления деревянных профилей для оконных переплетов, так и непосредственно при конструировании оконного блока, особенно с точки зрения работы уплотнений и оконной фурнитуры.

Поскольку подготовка сырья и заготовок являются первостепенными факторами, определяющими надежность работы деревянного окна, имеет смысл более остановиться на технологических операциях до описания непосредственно конструктивных решений окон из дерева.

2.5.2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ДЕРЕВА

В производстве деревянных окон можно условно выделить несколько этапов.

На первом этапе производится подготовка пиломатериала для производства оконных профилей. Деревянные оконные профили могут изготавливаться из массива или путем склеивания из нескольких отдельных брусков, которые, в свою очередь, склеиваются из нескольких (традиционно из трех слоев) толстых досок, как показано на рис. 2.22. В каждом слое трехслойного бруса отдельные короткие доски сращиваются в длинные пластины — ламели при помощи шипового соединения. Склеивание элементов, как правило, осуществляется водорастворимыми (но в то же время водостойкими) клеями на основе формальдегида или поливинилацетата (ПВА).



Рис. 2.22. а) - клееный трехслойный брус для производства окон; б) - соединение отдельных слоев бруса в ламели

Такая технология позволяет во-первых, отсортировать непригодный материал, имеющий пороки, а во-вторых, — максимально использовать материал, выпиленный из наиболее ценной ядровой части древесины. Брус, склеенный из отдельных участков, не имеет сплошных протяженных волокон, а потому наименее подвержен короб-

лению и изгибающим деформациям (описанным в предыдущем разделе); из клееного бруса можно изготавливать конструкции почти без ограничения форм и размеров. Таким образом, можно говорить о том, что *для получения изделия высокого качества, использование клееного бруса предпочтительнее по сравнению с брусом из массива дерева.*

Для изготовления клеёного погонажа берут *хорошо просушенный пиломатериал* хвойных пород. Это могут быть доски или разной длины. Вначале их *сортируют*, с тем чтобы выявить дефектные куски, то есть участки, где встречаются крупные сучки и другие пороки, которые могут отрицательно сказаться на прочности клеёного материала, и далее *разрезают* на короткие заготовки.

Получившиеся рейки подаются на шипорезный агрегат, где на их торцах *фрезеруются* так называемые мини-шипы — клиновидные зубцы, на которые затем автоматически *наносится клей*, после чего отрезки *спрессовываются* в ламели.

Ламели выстругивают по всей поверхности, на готовую поверхность наносят клей, после чего ламели укладывают в два или три слоя и спрессовывают. Полученный погонаж выдерживают до полного затвердевания клея, а потом гладко фрезеруют со всех сторон на четырехстороннем продольно-фрезерном станке и распиливают на куски нужной длины.

Подбор клея и его правильное нанесение — очень важные факторы производства. Полиуретановые клеи быстро затвердевают, время жизни у них короткое. Клеи на основе смол дешевле полиуретановых, однако они гораздо дольше отверждаются. Для обеспечения стабильности клеёных изделий необходимо очень аккуратно и точно наносить клей на мини-шипы и пласти ламелей, чтобы он равномерно распределяется по деревянной поверхности.

На втором этапе заготовленный брус превращается в оконные профили, заданного сечения. Геометрические параметры сечения определяются проектировщиком, после чего заносятся в компьютер, под управлением которого в современных линиях полностью осуществляется весь технологический процесс.

Готовые профили с заданным сечением подвергаются специальной пропитке, повышающей стойкость древесины по отношению к огню и гнили. Из пропитанных профилей собираются оконные рамы, которые затем проходят окраску с предварительной грунтовкой или покрываются различными морилками и лаком для получения оконного блока с естественной структурой дерева.

Клееный брус, при применении его в оконных конструкциях, дает ощутимые преимущества по сравнению с деревянными профилями, изготавливаемыми из массива, однако не устраняет такого недостатка древесины как подверженность гниению.

В настоящее время разработаны технологии деревообработки, связанные с повышением устойчивости древесины к воздействию влаги и направленные на повышение долговечности и стабильности геометрических размеров.

Примером такого подхода может служить *технология стабилизации химического состава древесины*, которая недавно появилась на рынке и защищена товарным знаком Plato®. Эта технология предусматривает три последовательных стадии:

- 1) Гидротермическая (гидролизно-термолизная) обработка — *разогрев пиломатериала водяным паром* при высоком давлении в автоклаве.
- 2) Техническая сушка — *высушивание* «раскрывшейся» в процессе термолиза древесины в обычных сушильных камерах.

- 3) Восстановление твердой формы — **нагревание** древесины в специальной печи при атмосферном давлении, в результате чего происходит необратимая полимеризация.

Эти процессы сопровождаются избирательной реструктуризацией нестабильных компонентов древесины. Клеточная структура древесины, а следовательно, ее механические свойства и внешний вид остаются при этом неизменными. В производстве этих, по-своему новых для рынка, изделий не используют химикаты, а сырьем служит лесоматериал из быстрорастущих мягких пород, таких как ель, сосна, тополь и береза.

Долговечность «платонизированной» древесины мягких пород оценивается в 15—25 лет, что совпадает с показателями для наиболее долговечных и ценных тропических пород.

Формоустойчивость. С изменением влажности окружающего воздуха «платонизированная» древесина дает примерно наполовину меньше усушку и набухание, чем обычная. При относительной влажности воздуха 60—65% ее равновесная влажность всего 8% и не превысит 18%, даже если воздух будет предельно насыщен влагой. Такая устойчивость — следствие гидрофобных свойств, которые древесина приобретает в процессе термической обработки.

«Платонизация» — процесс необратимый, он охватывает весь объем древесной массы и обеспечивает ей равномерную и долговечную защиту. Отверстия от сучков или сверления, места распила или трещины — в стабилизированной древесине все это не является благоприятной средой для размножения и роста грибковых и гнилостных бактерий.

Благоприятный химический состав. При «платонизации» свойства материала улучшаются исключительно под воздействием тепла, давления и воды. Следовательно, и после гидротермической обработки древесина состоит только из естественных своих компонентов. В стабилизированном материале нет химикатов, и поэтому ему не угрожают нежелательные реакции с клеем или металлическими крепежными деталями. Отслужившие изделия из «платонизированной» древесины утилизируются как обычный лесоматериал, не подвергавшийся химической обработке.

Технологические свойства. Поскольку структура целлюлозы сохраняется, «платонизированную» древесину можно механически обрабатывать так же, как исходное сырье, то есть пилить, строгать, профилировать, клеивать. При этом следует иметь в виду, что у нового материала прочность на изгиб несколько ниже (до 10%), зато он более жесткий. И хотя гигроскопические свойства облагороженной древесины слегка ослаблены, она хорошо держит алкидные и акриловые лакокрасочные покрытия, ведь на поверхности нового материала нет экстрактивных веществ — она сухая и однородная.

Стабильность формы способствует и улучшению склеиваемости «новой» древесины, что положительно сказывается на ее конструкционных свойствах.

2.5.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ДЕРЕВА

По сравнению со всеми описанными выше профильными системами, конструктивные решения деревянных окон отличаются большим разнообразием. *К деревянным окнам меньше, чем ко всем перечисленным выше, применимо понятие «оконной системы», поскольку в этом случае жесткая номенклатура профилей, из которых впоследствии собираются оконные блоки, отсутствует.* Деревянные профили достаточно редко применяются в витражных конструкциях. Вместе с тем, *дерево является единственным оконным материалом, применимым для реставрации и замены окон в*

зданиях, являющимися памятниками архитектуры XVIII–XIX вв. и представляющими историческую ценность.

Как уже отмечалось в настоящей главе, вплоть до недавнего времени дерево являлось единственным конструкционным материалом, использовавшимся в нашей стране для производства окон. В этом отношении интересно отразить конструкцию окон, применявшихся в Советском Союзе в период индустриального строительства с 1960 по 1989 гг.

В жилых и общественных зданиях, построенных в этот период, как правило устанавливались деревянные окна, конструктивные варианты которых представлены на рис. 2.23.

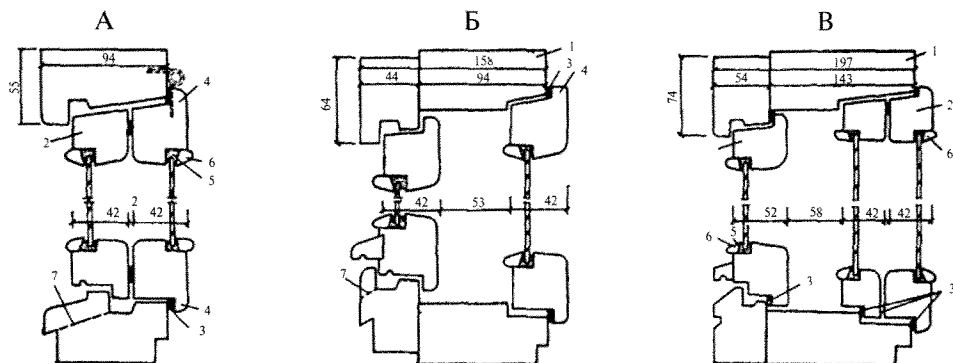


Рис. 2.23. Конструктивные варианты отечественных деревянных оконных блоков периода 1960–1989 гг.: а) двухслойное окно со спаренными переплетами; б) двухслойное окно с раздельными переплетами; в) трехслойное окно со спаренными переплетами внутри коробки

Конструктивные варианты деревянных оконных блоков выбирались в соответствии с разницей температур наружного воздуха наиболее холодной пятидневки и температурой внутри помещения в соответствии со значением требуемого сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей - $R_0^{тп}$, как это представлено в табл. 2.5 и табл. 2.6.

Все окна изготавливались из массива дерева. Размеры оконных блоков, выпускавшихся деревообрабатывающими комбинатами, были стандартизованы и принимались в соответствии с принятой в строительстве Единой Модульной Системой (ЕМС), кратными укрупненному модулю $3M = 300$ мм или $1.5M$. Таблица стандартных размеров деревянных оконных блоков приведена на рис. 2.24.

Таблица 2.5

Требуемое сопротивление теплопередаче для окон периода 1960 – 1989 гг.

ЗДАНИЕ	РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР, °С	СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ, $R_0^{тп}$ ($м^3 \cdot ^\circ C$)/ККАЛ
Жилые дома	до 25	0.2
	от 25 до 44	0.4
	от 44 до 49	0.44
	свыше 49	0.6

**Сопrotивление теплопередаче заполнений световых проемов
(окон, балконных дверей и фонарей)**

N п/п	ЗАПОЛНЕНИЕ СВЕТОВОГО ПРОЕМА	СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ, R_0 ($\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$)/ККАЛ
1	Одинарное остекление в деревянных переплетах	0,20
2	Двойное остекление в деревянных спаренных переплетах	0,40
3	Двойное остекление в деревянных раздельных переплетах	0,44
4	Тройное остекление в деревянных переплетах (спаренный и одинарный)	0,60

			15-9 	15-12 						560
			15-9 	15-12 	15-13.5 	15-15 				860
		15-7.5 	15-9 	15-12 	15-13.5 	15-15 				1160
		15-7.5 	15-9 							1160
15-5 	15-6 	15-7.5 	15-9 	15-12 	15-13.5 	15-15 	15-15 	15-21 		1460
		15-7.5a 	15-9a 							1460
		15-7.5 	15-9 		15-13.5 	15-15 	15-15 			1760
		15-7.5a 	15-9a 							1760
450	500	740	890	1160	1330	1480	1780	2070		

Рис. 2.24. Стандартные размеры деревянных оконных блоков для жилых зданий

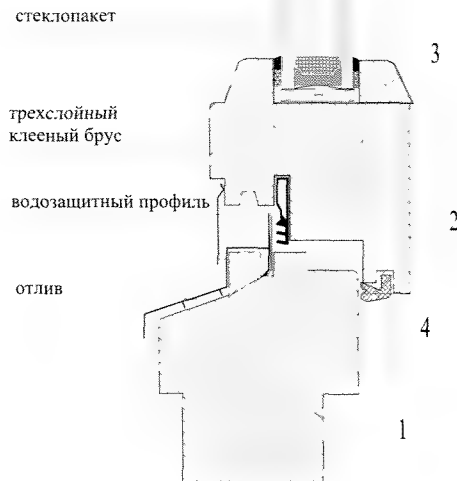


Рис. 2.25. Элементы деревянного «евроокна»: 1 – коробка (рама), 2 – створка, 3 – штапик, 4 – уплотнитель

окнами с одинарным переплетом, толщиной 65-70 мм и металлическим отливом из алюминия. Окна такой конструкции в настоящее время нашли наибольшее применение на отечественном рынке.

2.5.4. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

В настоящей главе были рассмотрены конструктивные особенности окон, переплеты которых выполнены из различных материалов. Физико-химические свойства материала, а также технологические особенности его переработки определяют конструкцию оконных профилей и область их применения в зданиях различного назначения.

По совокупности требований, предъявляемых к оконным конструкциям (доступность исходного сырья и простота обработки; химическая стойкость и удобство обслуживания; хорошие теплотехнические показатели), окна из ПВХ являются наиболее перспективной технологией с точки зрения массового строительства.

Применение окон из ПВХ в массовом строительстве вместо традиционных деревянных является огромным резервом для экономии природных ресурсов. Ведь лесные ресурсы не безграничны, и восполняются при утрате на протяжении десятилетий.

Деревянные окна, трудоемкость производства которых несопоставимо по затратам с ПВХ-окнами, могут быть рассмотрены как своего рода элитное направление, ориентированное на индивидуальное строительство, реставрацию старых зданий и другие строительные задачи со специальными требованиями к окнам.

Перспективным в этом отношении можно считать применение комбинированных дерево-алюминиевых окон, сочетающих в себе теплоту дерева изнутри и защитные свойства алюминия – снаружи.

Современные деревянные окна имеют ряд принципиальных отличий от традиционных окон, применявшихся в массовом строительстве до начала экономических реформ. В оконном профиле, изготавливаемом, как правило, из клееного бруса, фрезеруется европаз для контурного механизма фурнитуры, а также опорный фальц, имеющей ширину, достаточную для установки стеклопакета. Геометрия притворов деревянного профиля конструируется в соответствии с требованиями производителей систем фурнитуры.

Современные деревянные окна характеризуются развитой системой уплотнений и отвода атмосферной влаги; характерной чертой является внутреннее расположение штапика (по аналогии с ПВХ-системами).

На рис. 2.25 показана конструкция так называемого «евроокна» – деревянного ок-

ГЛАВА 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА И СТЕКЛОПАКЕТЫ

3.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА. КЛАССИФИКАЦИЯ.

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАБОТКИ

Стекло представляет собой находящуюся в застывшем состоянии жидкость. Стекло — аморфное вещество, которое не обладает в твердом виде свойствами кристаллического вещества. Не имеет собственной точки плавления, а переходы из жидкого состояния в твердое и наоборот происходят в широкой температурной области, которая для стекла обычно составляет 500 °С. Традиционными главными/основными сырьевыми компонентами оконного стекла являются: кварцевый песок (69–74 %), сода (12–16 %), известняк и доломит (5–12 %).

История применения стекла в строительстве сравнительно молода и берет свой отсчет с конца прошлого столетия, несмотря на то, что стекло как конструкционный материал известно человечеству с древнейших времен.

Самые древние образцы стеклянных изделий обнаружены в Египте. Речь идет о зеленой глазури, возраст которой оценивается приблизительно в 12 тыс. лет; из нее был изготовлен (приблизительно в 7000 г. до н. э.) голубой амулет — древнейшее из найденных до сих пор стекол.

В Ашмолейском музее в Оксфорде находятся черная стеклянная буса и кусочек фаянса бирюзового цвета времен первой династии египетских фараонов, правившей в 4000 г. до н. э. Предполагают также, что стекло начали изготавливать не египтяне, а ассирийцы, которые экспортировали свои изделия в Египет. Однако находки стекла в Ассирии, близ Тель Асмера, расположенного северо-западнее Багдада, относятся к 2700–2600 гг. до н. э.; следовательно, они значительно моложе египетских.

Сосуды из глины и фарфора с цветной стекломозаикой периода с 1766 по 1122 гг. до н. э. обнаружены в Китае. Однако, Китаем не ограничивается развитие производства стекла на Дальнем Востоке — изделия из стекла, возраст которых относится к 2000 г. до н. э., найдены в Индии, Корее и Японии.

Приблизительно около 250 лет до н. э. произошло открытие первого стекольного завода в Александрии. А приблизительно на рубеже новой эры была изобретена стеклодувная трубка. В летописных источниках в связи с этим упоминается город Сидон* в 50 году до нашей эры. Спустя некоторое время, из готового стекла, используя метод выдувания, научились делать длинные стеклянные цилиндры, которые «раскрывали» и выпрямляли, получая плоский лист. Этот способ использовали вплоть до 1900-х годов для изготовления художественного стекла.

- Сидон — древний город-государство в Финикии на восточном побережье Средиземного моря. Современное название — г. Сайда (Ливан). Основан в четвертом тысячелетии до н.э. Во втором тысячелетии до н.э. — крупный центр международной торговли.

Римляне познакомились с производством стекла благодаря завоеванию Египта. Ко временам Римской империи относятся и древнейшие письменные упоминания о стекле. Они принадлежат Плинию Младшему (77 г. н. э), который в одной из своих книг описывает стекло и его производство.

Из Рима стеклоделие стало распространяться в Галлию, Британию и Германию. В конце I столетия н. э. стекло уже производилось в Кельне и Трире. С распадом Римской империи приходит в упадок и искусство изготовления стекла.

В XIII в. на острове Мурано, около Венеции, вновь расцветает стекольная промышленность. В конце средневековья производство стекла широко развивается в Германии. В 1688 г. француз Лука де Негу изобрел способ изготовления и шлифования больших зеркальных стекол. К этому времени следует относить и появление первых оконных стекол, бывших в то время большой редкостью.

Массовое производство стекла стало возможным только в конце прошлого столетия благодаря изобретению печи Сименса-Мартина и заводскому производству соды. В XIX в. появились первые машины-автоматы для изготовления изделий из полого стекла. И только в XX в. были разработаны различные способы вытягивания бесконечной ленты стекла: методы машинной вытяжки стекла Либби-Оуэнса, Фурко (рис. 3.1), Питтсбурга.

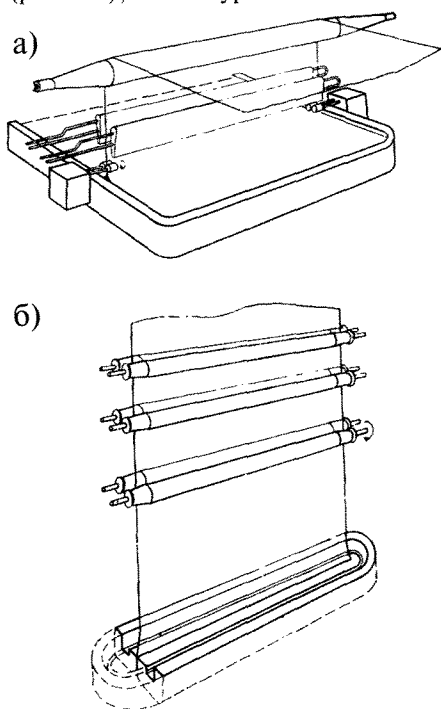


Рис. 3.1. Схема вытягивания стекла способами Либби-Оуэнса (а) и Фурко (б)

По способу Эмиля Фурко, разработанному в 1902 году, стекло вытягивалось по вертикали из стекловаренной печи через прокатные валцы в виде непрерывной ленты наружу, поступая в шахту охлаждения, в верхней части которой оно резалось на отдельные листы. Толщина стекла при этом регулировалась путем изменения скорости вытягивания.

Этот метод находит применение вплоть до настоящего времени. Стекло, получаемое этим методом, называется *тянутым стеклом*. Для изготовления витринных и зеркальных стекол тянутое и прокатное листовое стекло подвергают шлифовке и полировке.

Самым последним этапом в производстве листового стекла был так называемый *флоат-метод*, разработанный и запатентованный в 1959 году английским изобретателем Аластером Pilkingtonом. При этом процессе стекло поступает из печи плавления в горизонтальной плоскости в виде плоской ленты через ванну с расплавленным оловом на дальнейшие охлаждение и отжиг. Огромным преимуществом флоат-метода, по сравнению со всеми предыдущими, является, кроме всего прочего, более высокая производительность, стабильная толщина и качество поверхности. По качеству поверхности такое стекло не уступает полированному, — флоат-процесс вытесняет технику шлифовки и полировки стекла.

Флоат-стекло характеризуется исключительной ровностью и отсутствием оптических дефектов. Наибольший размер получаемого стекла, как правило, составляет 5100–6000 мм х 3210 мм, при этом толщина листа может быть даже меньше двух миллиметров и достигать 25 миллиметров. Получаемое стекло может быть прозрачным, окрашенным или иметь специально нанесенное покрытие. Стекло, получаемое при помощи флоат-метода, называется *флоат-стеклом*, и в настоящее время является наиболее распространенным типом стекла. Схема производства флоат-стекла показана на рис. 3.2.

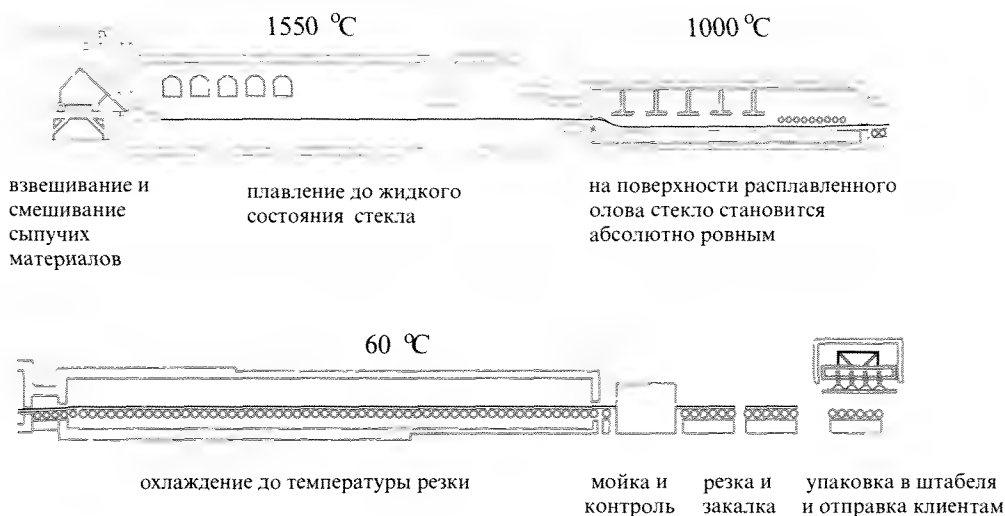


Рис. 3.2. Схема производства флоат-стекла

Кроме обычных прозрачных стекол в строительстве применяются специальные стекла — *стекла, окрашенные в массу*, и *стекла со специальным покрытием, называемые общим термином «низкоэмиссионные стекла»*.

Окрашенное в массу стекло изготавливается из сырьевых материалов, в которые добавляются различные вещества для получения желаемого цвета. Наиболее распространенными являются цвета — промежуточный между бронзовым и коричневым, серый и зеленый. При этом можно изготавливать стекла и других цветов. Окрашенные в массу стекла известны также как *солнцезащитные* или *абсорбирующие* стекла, поскольку такие стекла поглощают (абсорбируют), сами по себе, больше солнечной тепловой энергии и света, чем обычные прозрачные.

Применение **низкоэмиссионных стекол** в конструкциях оконного и фасадного остекления *позволяет решить широкий спектр архитектурно-строительных задач и является одним из наиболее перспективных направлений в мировой стекольной индустрии*.

Определяющей идеей в низкоэмиссионных технологиях является напыление на поверхность флоат-стекла проводящего покрытия из цветных металлов или полупроводниковых оксидов, содержащего свободные электроны. За счет электропроводимости и явлений интерференции, вызванных наличием в покрытии свободных электронов, могут быть получены стекла, предназначенные для выполнения следующих функций:

- сокращение потерь тепла помещением за счет отражения тепловых волн в инфракрасном диапазоне;
- отражение солнечной радиации;
- защита помещений от электромагнитного излучения и радиоволн;
- отражение излучения в видимом диапазоне.

Напыление может наноситься как на прозрачные стекла, так и на стекла, окрашенные в массу, при этом возможно получение таких специфических конструкций как электрообогреваемые стекла или «антистатические» стекла (защищенные от накопления статического электричества).

В зависимости от функционального назначения проектируемого остекления, в нем могут быть применены два типа покрытия, принципиально различающиеся по технологии нанесения.

1. **«Твердое покрытие»** («Hard coating» — англ.) на основе оксида олова SnO_2 :F, называемое иначе «полупроводниковым покрытием». Стекла с таким покрытием как правило обозначаются в специальной литературе термином **«k — стекло»**.

Наносится непосредственно на одной из стадий производства флоат-стекла (так называемая технология **«on-line»** — англ. «на линии») за счет химической реакции пиролиза (разложения вещества под действием высоких температур). Во время этой реакции слой оксида олова оседает на поверхность горячего стекла, становясь неотделимой его частью. При этом образуется крепкое и прочное металлическое покрытие, обладающее химической, механической и термической стойкостью, равноценной стеклу без покрытия. Твердые покрытия устойчивы к воздействию погодных условий и выдерживают воздействия температур до 620°C .

2. **«Мягкое покрытие»** («Soft coating» — англ.) на основе серебра — Ag, обозначаемое в литературных источниках как **«i — стекло»**.

Наносится на готовое флоат-стекло (технология **«off-line»** — англ. «вне линии») и удерживается на нем силами молекулярного взаимодействия. Состоит из нескольких тонких слоев, выбор которых зависит от требуемых характеристик остекления — излучательной способности, светопропускания, а также оптических свойств — удаления нежелательного отражения.

В отличие от «твердых» покрытий, «мягкие» ограниченно устойчивы по отношению к погодным и температурным воздействиям. Однако, при установке в стеклопакете — покрытием в сторону воздушной камеры, имеют долговечность, сопоставимую с «твердыми» покрытиями.

Принципиальный состав слоев «твердого» и «мягкого» покрытий приведен на рис. 3.3.

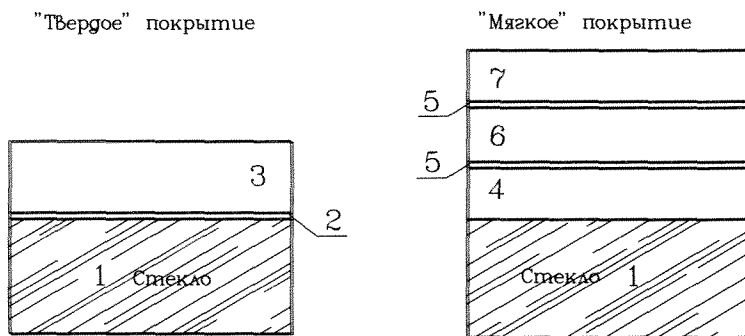


Рис. 3.3. Состав слоев современных низкоэмиссионных покрытий:

а) «мягкое» покрытие; б) «твердое» покрытие: 1 — флоат-стекло; 2 — слой Na^+ , блокирующий диффузию; 3 — слой оксида олова SnO_2 :F; 4 — адгезионный слой; 5 — блокирующие (фиксирующие) слои; 6 — слой серебра; 7 — покрывающий слой

При использовании стекла в светопрозрачных конструкциях с повышенными требованиями к безопасности (стеклянные крыши, наклонные остекленные плоскости фасадов и т.п.) применяют **закаленные** или **ламинированные стекла**.

Закалкой называют процесс термоупрочнения стекла, основанный на специфике его физических свойств. Как уже отмечалось, на температурной шкале стекло не имеет определенной точки затвердевания, при которой оно переходило бы из жидкого состояния в твердое. Поэтому его можно нагревать до температуры чуть выше той, при которой молекулы, как в вязкой жидкости, еще способны к пластическому сдвигу без появления внутренних напряжений. Если стекло нагреть так, чтобы весь его объем имел одинаковую температуру (чуть выше 570°С), а затем быстро охладить, то поверхность его затвердеет, в то время как внутренний слой еще останется пластичным. При дальнейшем постепенном охлаждении затвердеет и внутренняя часть. Однако, она не сможет сжиматься с такой же силой, как до закалки, поскольку внешние, уже затвердевшие слои стекла не смогут теперь деформироваться без возникновения напряжений.

Таким образом, в результате термической обработки, которая заключается в нагревании стекла до температуры закалки и последующем быстром охлаждении, наружные слои его приходят в состояние сильного сжатия, а внутренние — в состояние растяжения. В результате в стекле образуется система напряжений, обеспечивающая его высокую механическую и термическую прочность по сравнению с обычным стеклом, которое может воспринимать только небольшие растягивающие усилия.

При разрушении закаленное стекло распадается на мелкие округленной формы осколки, которые не имеют острых режущих граней.

Под общим термином **ламинирование** понимают изготовление многослойных конструкций из стекла при помощи поливиниловой **пленки** или специального жидкообразного материала — **смолы**, а изготовленные таким образом конструкции называют **ламинированными стеклами**.

Ламинированное стекло может состоять из нескольких слоев одинаковых или разных по толщине и типу стекол; которые могут быть прямыми или криволинейными в соответствии с заданной формой. Толщина полученного ламинированного стекла зависит от количества стекол и их толщины, а также от толщины ламинирующих слоев.

Наиболее распространенным типом ламинированного стекла, применяемого в оконных и фасадных конструкциях различных классов безопасности, является так называемый **триплекс** — **конструкция из двух стекол и промежуточного ламинирующего слоя**. В отдельных случаях возможно наклеивание пленки на стекло с одной стороны — так называемая **односторонняя ламинация**.

Основным достоинством ламинированных многослойных конструкций из стекла является безопасность при разрушении. Поскольку при разрушении осколки стекла остаются «висеть» на эластичной пленке, не возникает опасности образования осколков стекла, способных нанести травму. При помощи ламинирования можно изготавливать конструкции, которые могут служить в качестве стекол, защищающих от взлома и взрывной волны, а также пуленепробиваемых, ударопрочных и огнезащитных стекол. Ламинированные стекла хорошо защищают также и от УФ излучения. При этом **необходимо отметить, что ламинирование (в отличие от закалки) не увеличивает механическую прочность.**

В основе пленочного ламинирования лежит принцип соединения пленки и стекол, предварительно вырезанных по заданному размеру. Отрезанные стекла моются, после чего выполняется операция сборки элемента, если нужно получить прямое стекло. Между заготовками стекол помещается пленка, толщина которой обычно равна 0.38 мм или 0.76 мм. Цветовую гамму ламинированных стекол можно расширить за счет использования как стекол различного цвета, так и различного цвета пленок, используемых для ламинирования. Процесс ламинации является двухстадийным. После операции сборки следует операция *предварительного ламинирования* — стеклянные элементы подвергаются сжатию, так называемой «холодной правке» в роликовой правильной машине. После этого элемент нагревают до температуры 80–90 °С. Эту окончательную стадию операции ламинирования называют «горячей правкой».

Стекла, полученные методом жидкостного ламинирования, отличаются от стекол, заламинированных при помощи пленки, как самим способом производства, так и свойствами, которые приобретает готовое изделие. Среди особенностей, отличающих стекла, полученные жидкостным ламинированием, можно отметить следующие:

- одно или оба стекла могут иметь шероховатую поверхность;
- можно использовать низкоэмиссионные стекла с покрытием, тогда как горячее ламинирование с помощью пленки может испортить покрытие;
- можно использовать очень толстые стекла

Многослойные стекла, полученные с помощью обычного жидкостного ламинирования, мало отличаются с точки зрения пропускания видимого света от обыкновенного прозрачного стекла. За счет добавления пигментов в ламинирующую жидкость можно изготавливать цветные жидкостноламинированные стекла. «Цветной эффект» можно усилить путем совместного использования окрашенных жидкостей для ламинирования со стеклами с зеркальной поверхностью.

При необходимости получения выразительных архитектурных решений стекло может быть подвергнуто молированию — изгибу. Молирование стекол производят в нагревательных камерах или печах с использованием специальных форм для придания нужной конфигурации. Перед молированием стекло вырезают в соответствии с задаваемой формой.

Для строительства, как правило, требуется производить гнутые стекла маленькими и кратковременно выпускаемыми сериями. Изготовление молированных стекол является сложной операцией и предполагает наличие у производителя особых знаний и навыков. Учитывая требования, предъявляемые к промышленному производству и к качеству готового продукта, в производстве гнутых стекол для нужд строительной промышленности используется так называемая техника формования на оболочках — стекло нагревают и гнут в специальных печах. Стекло при нагревании изгибается на поверхности специально изготовленной стальной формы, принимая желаемую форму. При производстве гнутого стекла стекло охлаждают таким образом, чтобы в готовом изделии было как можно меньше напряжений. Минимальный радиус изгиба стекла определяют в соответствии с толщиной стекла (рис. 3.4), при этом размеры стекла, со своей стороны, зависят от производственного оборудования, имеющегося у изготовителя, и факторов, зависящих от формы конструкции. Следует также отметить, что гнутые стекла можно ламинировать.

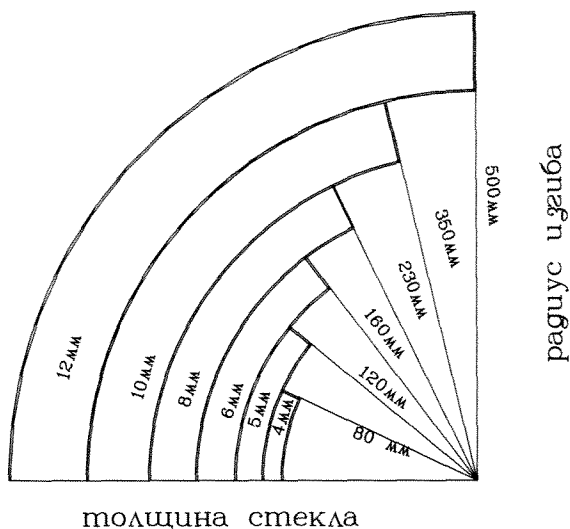


Рис. 3.4. Зависимость минимального радиуса изгиба от толщины стекла

3.2. ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТЕКЛА. НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ. ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ

В табл. 3.1 приведены основные прочностные и физико-технические характеристики стекла.

Таблица 3.1

Прочностные и физико-технические характеристики стекла

Плотность, кг/м ³	2500
Теплопроводность, Вт/м К	0.84
Коэффициент температурного расширения, 1/°С	$6-9 \times 10^{-6}$
Прочность на сжатие, кН/м ²	100×10^4
Прочность на растяжение, кН/м ² (МПа)	$3-10 \times 10^4$ (30-100)
Прочность на изгиб, кН/м ² (МПа)	$3-10 \times 10^4$ (30-100)
Удельная теплоемкость, кДж/кг К	0.84
Коэффициент Пуассона	0.25
Излучательная способность, Вт/м К	0.84
Показатель преломления	1.5

3.2.1. ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ

Как видно из табл. 3.1, стекло имеет высокую прочность на сжатие, и значительно меньшую на растяжение и изгиб. Поэтому для расчета *несущей способности конструкций из стекла* необходимо знать величину допустимых напряжений при изгибе, которая для стекла не является постоянной, как у многих других материалов, а изменяется по величине в зависимости от следующих факторов:

- длительности действия нагрузки;
- схемы опирания стекла: по контуру с 4-х сторон, или с 2-х (3-х) сторон;

- жесткости закрепления его на опоре;
- соотношения длины и ширины стекла.

Учитывая особые свойства стекла при расчете на прочность, нагрузки по характеру подразделяются не только по длительности действия, но и на эксплуатационные и разрушающие. К **эксплуатационным** относятся: ветровая и снеговая нагрузки, нагрузки от скопления людей и собственного веса. К **разрушающим** относятся температурные и ударные — нагрузки, вызванные различными ударами или взрывной (ударной) волной.

Стекло, испытывавшее эксплуатационную нагрузку в течение длительного времени, обладает значительно более низкой несущей способностью по сравнению со вновь установленным стеклом. Так при расчете на кратковременные нагрузки, к которым можно отнести ветровые, величина допустимых напряжений при изгибе стекла может быть принята равной 60 — 70 мПа. А при длительных нагрузках, к которым можно отнести собственный вес, это значение следует принимать равным приблизительно 30 мПа.

Величина допустимого напряжения может быть выбрана из таблиц или графиков в соответствии с рис. 3.5 [9] в зависимости от вида нагрузки, способа крепления и соотношения сторон.

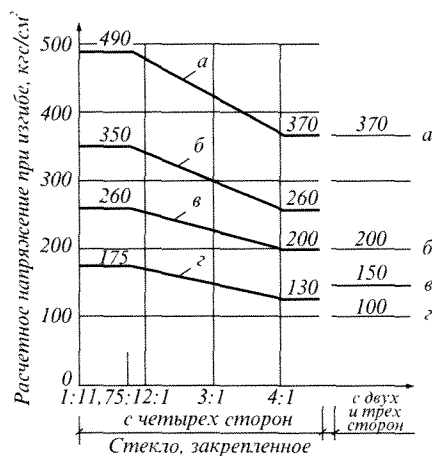


Рис. 3.5. Допустимые напряжения при изгибе, принимаемые в расчетах:

а) — закаленного стекла; б) — обычного оконного стекла при действии ветровой нагрузки; в) — оконного стекла при действии ветровой и снеговой нагрузки, нагрузки от скопления людей и собственного веса; г) — обычного оконного стекла, установленного в фонарях (или кровлях) при действии снеговой нагрузки, от собственного веса и от скопления людей

Из рис. 3.5 хорошо видно, что на несущую способность стекла оказывают влияние такие факторы, как способ его крепления и соотношение сторон (при четырехстороннем креплении).

Допустимые напряжения при изгибе могут быть также определены на основе расчетных напряжений в момент разрушения с учетом коэффициента запаса прочности, величина которого зависит от вида нагрузки, способа закрепления стекла и соотношения сторон. На основании значений разрушающей нагрузки, задаваемой опытным путем (до момента, когда 95 % стекол выдерживают ее), рассчитываются напряжения в момент разрушения. В табл. 3.2 приведены значения допустимых напряжений при изгибе и коэффициентов запаса прочности для обычных, ламинированных и закаленных стекол.

Коэффициент запаса прочности выбирается на основании функционального назначения здания, с учетом эксплуатационных факторов неопределенности и рис-

ка. Запас прочности закаленных стекол, как правило, принимается ниже, чем у обычных.

В качестве ориентировочной величины при предварительных расчетах возможно принимать допустимые напряжения при изгибе стекла $\sigma_{\text{доп}} = 25$ МПа.

Таблица 3.2.

**Допустимые расчетные напряжения при изгибе для стекла
при различных значениях запаса прочности.
(По данным Инженерного бюро Аулис Бертин – Финляндия)**

Коэффициент Запаса прочности	Допустимое расчетное напряжение при изгибе, МПа	
	Ламинированное обычное стекло	Закаленное стекло
1. 0	75	175
1. 5	50	117
2. 0	38	88
2. 5	30	70
3. 0	25	58
5. 0	15	35
10. 0	8	18

3.2.2. РАСЧЕТ СТЕКЛЯННЫХ ПЛАСТИН НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ ИЗ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ

С точки зрения теории упругости стекло представляет из себя тонкую плоскую пластину. Линейная теория расчета пластин исходит из того, что их прогиб не превышает толщины. При расчете стекол, которые прогибаются незначительно, используют дифференциальное уравнение, которое в литературу о стекле вошло под названием формулы Баха. Его решение для расчета оконных стекол на ветровую нагрузку не представляет особой трудности.

Однако прогиб больших оконных стекол под нагрузкой может быть в несколько раз больше их толщины. При этом плоская пластина превращается в пространственную оболочку, где кроме изгибных возникают и мембранные напряжения, а простое дифференциальное уравнение переходит в систему дифференциальных уравнений в частных производных, решение которого значительно сложнее. Соотношение изгибных и мембранных напряжений, возникающих в балке при различных ее прогибах, показано на рис. 3.6 [9].

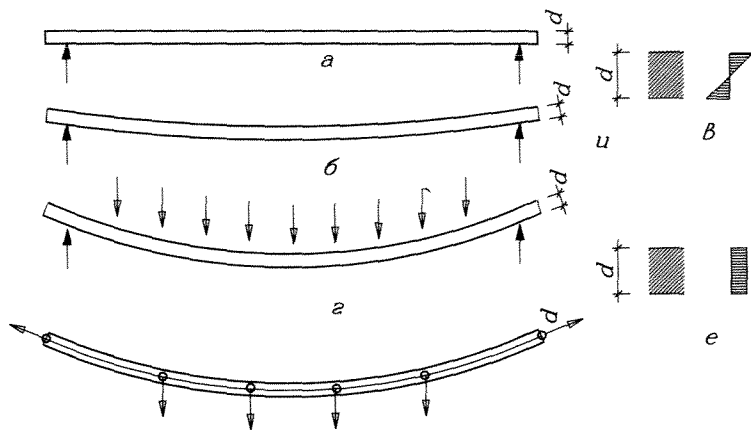


Рис. 3.6. Соотношение изгибных и мембранных напряжений, возникающих в балке при различных ее прогибах: а) — балка без нагрузки; б) — балка под нагрузкой с небольшим прогибом; в) — эпюра изгибных напряжений в балке с небольшим прогибом; г) — балка со значительным прогибом при увеличении нагрузки; д) — направления растягивающих усилий в балке со значительным прогибом; е) — эпюра мембранных напряжений в балке со значительным прогибом.

Вертикальные конструкции из стекла

В теории расчета стекол вертикально расположенным считается стекло, отклонение которого от вертикальной плоскости не превышает 10° , а отклонение верхнего края от вертикальной плоскости, проходящей через нижний край, — не более 300 мм. Толщина одинарной пластины в вертикально расположенном окне при равномерно распределенной нагрузке определяется с помощью формулы Маркуса.

$$t = 10^3 \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{p}{\sigma_s} \cdot \left(1 - \frac{5}{6} \cdot \frac{r^2}{1+r^4}\right) \cdot \frac{r(1-\nu r^2)}{1+r^4}} \quad (3.1)$$

где t — толщина стеклянной пластины [мм];

σ_s — допустимое расчетное напряжение;

p — полная ветровая нагрузка на стеклянную пластину [кН];

r — соотношение сторон b/a ; где b — более короткая сторона ;

ν — коэффициент Пуассона (для стекла 0.25).

Наклонные конструкции из стекла; конструкции стеклянных крыш

На стекла, установленные в крышах, действуют как кратковременные ветровые нагрузки, так и долговременные снеговые нагрузки и собственный вес стеклянной пластины. Для учета различной величины силы, вызывающей долго- и кратковременные нагрузки, вводится коэффициент. Коэффициент 2,6 в формуле (3.3) используется для долговременно влияющей нагрузки. Толщина стекол определяется по методу Тимошенко, причем предполагается, кроме всего прочего, что: 1) стеклянная плита не претерпевает никаких горизонтальных перемещений и 2) стеклянная плита равномерно опирается на четыре стороны

$$t = b \sqrt{\beta \cdot q_d / \sigma^2} \quad (3.2)$$

t — толщина стеклянной пластины [мм];
 q_d — суммарная расчетная нагрузка, [Н/м²];
 b — более короткая сторона стеклянной пластины, [м];
 β — коэффициент, учитывающий форму пластины (табл. 3.3);
 σ — допустимые расчетные напряжения (график рис. 3.5).

Таблица 3.3

Коэффициент, учитывающий форму стеклянной пластины

Соотношение сторон a/b	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	3.0	4.0	5.0
Коэффициент формы	0.28	0.33	0.37	0.41	0.45	0.48	0.51	0.54	0.56	0.59	0.61	0.71	0.74	0.75

где

$$q_d = 2,6 \cdot \cos \alpha \cdot (q + \mu_k \cdot q_0 \cdot \cos \alpha) + 0,5 \cdot \mu \cdot q_k \quad (3.3)$$

2,6 — коэффициент, учитывающий долговременную нагрузку для стеклянных пластин;

α — угол отклонения стеклянной крыши от вертикали;

q — собственный вес стеклянной крыши, [Н/м];

q_0 — снеговая нагрузка, [Н/м²];

μ_k — коэффициент формы при расчете снеговой нагрузки; (СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»)

q_k — ветровая нагрузка [Н/м²];

μ — коэффициент формы при расчете ветровой нагрузки (СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»)

Сосредоточенная нагрузка, действующая на стеклянную пластину кровли

Возможные сосредоточенные нагрузки не рассматриваются одновременно с существующей снеговой нагрузкой. Расчетная толщина стеклянной пластины, нагруженной сосредоточенной нагрузкой определяется с помощью формулы

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot k + 2,6 \cdot \beta \cdot q}{\sigma_s}} \quad (3.4)$$

β — коэффициент, учитывающий форму пластины (табл. 3.3);

q — собственный вес стеклянной крыши, [Н/м];

k — коэффициент эффективного сечения (табл. 3.4).

Под сосредоточенной понимается нагрузка, действующая в пределах площади 100 мм * 100 мм (рис. 3.7).

Соотношение области влияния сосредоточенной нагрузки и размера плиты учитывается с помощью коэффициента k (табл. 3.4).

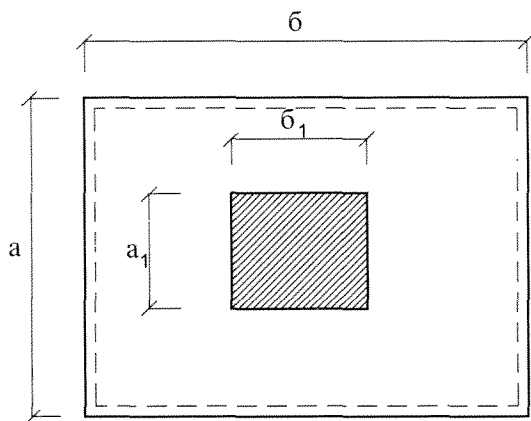


Рис. 3.7. Схема к расчету на действие сосредоточенной нагрузки

Таблица 3.4
Значения коэффициента, зависящего от соотношения площади влияния сосредоточенной нагрузки и размера стеклянной плиты кровли

a_1/a или b_1/b	k
1,0	1,00
0,5	2,46
0,2	4,44
0,1	5,93
0,025	9,03

В некоторых случаях также применяют для определения толщины стеклянной пластины кровли упрощенную формулу Вигена.

$$t^2 = \frac{0,75b^2q}{\sigma_s \left(1 + 1,6(b/a)^3\right)} \quad (3.5)$$

Определение прогиба стеклянной пластины при равномерно распределенной нагрузке и при сосредоточенной нагрузке

Определение прогиба в средней точке стеклянной пластины, нагруженной равномерно и свободно поддерживаемой с четырех сторон, выполняется по формуле:

$$f = \beta_1 \cdot q \cdot b^4 / (E \cdot t^3) \quad (3.6)$$

f – величина прогиба в средней точке стеклянной пластины [м];

q – нагрузка, направленная на пластину [кН/м²];

E – коэффициент упругости (для стекла $75 \cdot 10^{10}$ Па);

β_1 – коэффициент, учитывающий размеры;

b – более короткая сторона стеклянной пластины, [м].

$$\beta_1 = 0.25 \cdot [(b/a)^2 \cdot (1 + 2\ln(a/b) - 1)] \quad (3.7)$$

Определение коэффициента β_1 , учитывающего соотношение размеров и способ крепления, — это математическое действие, требующее точного расчета. Достаточная точность достигается при использовании значений, взятых из следующих схем.

Прогиб в средней точке стеклянной пластины, свободно поддерживаемой с четырех сторон, под действием сосредоточенной нагрузки, определяется по следующей формуле:

$$f = \beta_2 \cdot F \cdot b^2 / (E \cdot t^3) \quad (3.8)$$

f — величина прогиба в средней точке стеклянной пластины, [м];

β_2 — коэффициент, учитывающий размеры;

F — сосредоточенная нагрузка, направленная на пластину [Н];

b — более короткая сторона стеклянной пластины, [м];

На рис. 3.8 приведены графики для определения значений коэффициентов для стеклянной пластины, свободно закрепленной с четырех сторон: β_1 — для равномерно распределенной нагрузки, β_2 — для сосредоточенной нагрузки.

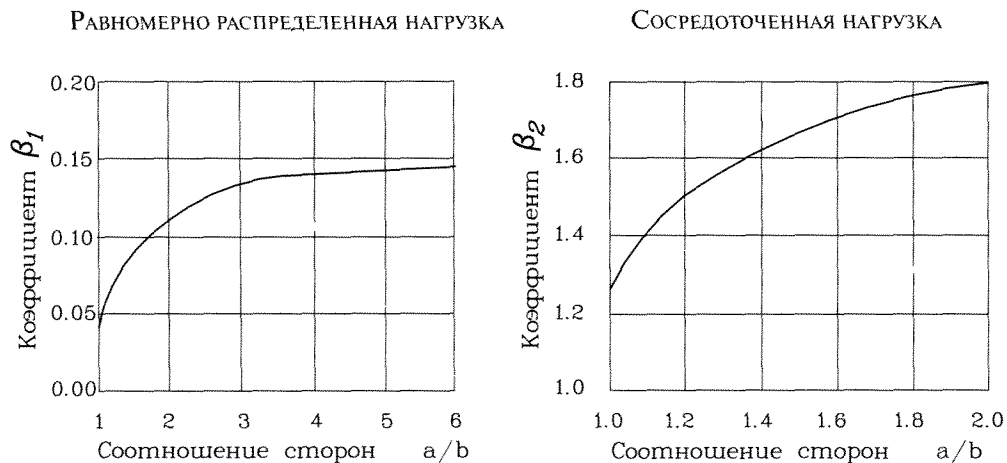


Рис. 3.8. Графики для определения значений коэффициентов для стеклянной пластины, свободно закрепленной с четырех сторон: β_1 — для равномерно распределенной нагрузки, β_2 — для сосредоточенной нагрузки

3.2.3. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ СТЕКЛА ПРИ ПРОГИБЕ

Чтобы определить, насколько изменяется длина прогибающегося стекла, приведем следующий примерный расчет. Геометрические характеристики изогнутого стекла представлены на рис. 3.9 [9].

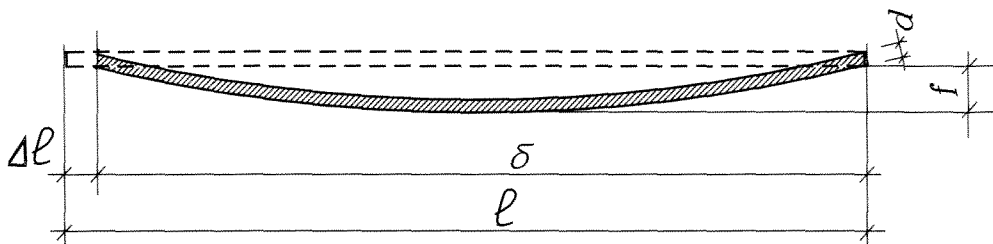


Рис. 3.9. Геометрические характеристики стекла при изгибе

Если представить линию прогиба изогнутого стекла в виде параболы, то, согласно рис. 3.9, можно определить длину изогнутого стекла:

$$l = s + 8 f^2 / 3s \quad (3.9)$$

где l — исходная длина стекла;

s — укороченная длина стекла в проекции вследствие прогиба;

f — величина прогиба изогнутого стекла.

Уменьшение длины в этом случае (см. рис. 3.14) составит в проекции

$$\Delta l = 2.67 f^2 / l \quad (3.10)$$

3.3. РАЗРУШАЮЩИЕ НАГРУЗКИ НА СТЕКЛА

Проанализируем более подробно характер **разрушения** стекла под действием различных нагрузок.

Специфической особенностью стекла является необходимость учета ослабленных за счет технологических микротрещин кромок, на которых собственно и возникают максимальные напряжения изгиба. В этой связи можно говорить о том, что **наибольший риск разрушения существует на кромках стекла.**

При этом причиной разрушения стекол, которое начинается с краю (где стекло было отрезано), являются локальные растягивающие напряжения. Если на краю стекла уже имеются трещина или микротрещина, даже небольшие краевые растягивающие напряжения разрушают стеклянную пластину.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАГРУЗКИ

Растягивающие краевые напряжения могут быть вызваны разностью температур в разных частях стекла. Когда на улице стоят зимние морозы, теплый воздух, идущий наружу изнутри помещений, нагревает поверхности стекла. При этом температура краевой зоны стекла, закрытой оконным профилем, как правило, ниже температуры в его центре.

Центральные части стекла, имеющие более высокую температуру по сравнению с краевыми зонами, стремятся расширяться. При этом более холодные краевые участки препятствуют расширению, что приводит к возникновению в них растягивающих напряжений. Трещины и микротрещины работают на поверхностях краев стекол как клинья, которые разрушают стекло, разрывая его. Характерная картина разрушения стекла под действием температурных напряжений в краевой зоне показана на рис. 3.10. Картина разрушения показывает место зарождения трещины и характеризует характер и величину напряжений.

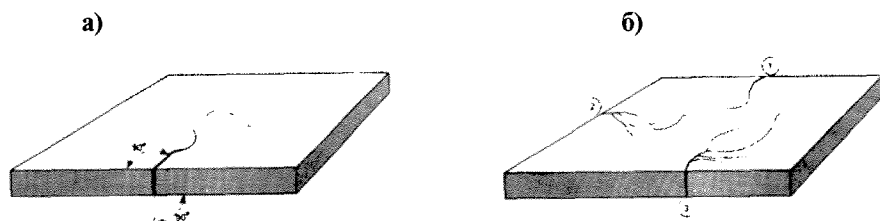


Рис. 3.10. Характерная картина разрушения стекла под действием температурных растягивающих напряжений в краевой зоне: а) единичная трещина, б) напряженное состояние по контуру

Риск разрушения, которое имеет начало по краям стекол, увеличивается в солнцезащитных стеклах, поглощающих тепловое солнечное излучение, под действием которого средняя часть стеклянной пластины сильно нагревается. Тени, которые могут падать на стекла, клейкая лента и рекламные объявления, наклеиваемые на стеклянную поверхность, увеличивают разницу температур между различными участками стекла, и вероятность разрушения возрастает.

Риск разрушения пластин обычного прозрачного строительного стекла и вероятность этого закономерно связаны со скоростью подъема температуры. Обычные (не экстремальные) перепады температуры наружного воздуха, не могут быть причиной значительных напряженных состояний, которые могли бы привести к разрушению.

Когда разница температур между различными участками стеклянной пластины составляет 20°C , риск разрушения отсутствует. При достижении разницы температур 40°C вероятность разрушения составляет 20 %. Когда разница температур равна 55°C , вероятность разрушения равна 50 % или, иначе говоря, половина стекол может разрушиться. И, наконец, когда разница температур превышает 90°C , все обычные прозрачные строительные стекла разрушаются.

Температурное разрушение стекол может произойти и вследствие непосредственно термоудара. Однако этот случай гораздо менее вероятен, чем разрушение, вызванное краевыми и поверхностными напряжениями.

УДАРНЫЕ НАГРУЗКИ

Нагрузка под влиянием ударной волны

Взрыв массы или газа рождает взрывную волну, давление которой вырастает за 0.01–0.1 секунды, как правило, до значений порядка $5\text{--}50\text{ кН/м}^2$. На величину и продвижение взрывной волны оказывают влияние удаленность и расположение мес-

та взрыва по отношению к рассматриваемому объекту, а также характер поверхностного слоя материалов, на которые воздействует волна. При этом величина избыточного давления, возникающего в результате взрыва, не является величиной постоянной, а изменяется с течением времени (в долях секунды). Характер продвижения взрывной волны показан на рис. 3.11.

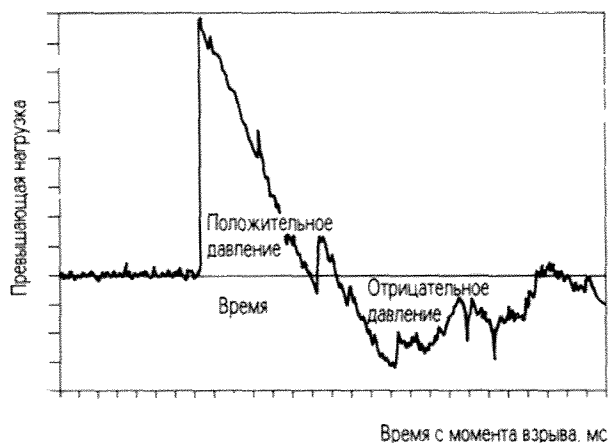


Рис. 3.11. Продвижение взрывной волны.
(По данным Инженерного бюро Аулис Бертин — Финляндия)

При проектировании светопрозрачных конструкций с точки зрения вопросов взрывобезопасности следует рассматривать функциональное назначение остекления и задачи, связанные с его поведением в момент аварийного взрыва. Так, при проектировании жилых зданий остекление в нашей стране всегда рассматривалось в качестве легкобрасываемых конструкций (ЛСК), обеспечивающих выход взрывной волны наружу при аварийном взрыве природного газа в одной из квартир. В этом случае обеспечивается снижение избыточного давления внутри квартиры за счет истечения газа (свежей смеси или продуктов сгорания) через открытый проем. Если время вскрытия остекления велико, взрывное давление воздействует в течение этого времени на несущие конструкции — стены и перекрытия, что может вызвать прогрессирующее обрушение здания.

Проектирование остекления в местах массового скопления людей (витрины магазинов, подземные торговые комплексы, зрелищные здания и др.) необходимо рассматривать, исходя из требований эвакуации и минимально возможного разброса опасных для людей осколков при аварийном взрыве. В этом случае остекление, в отличие от жилых зданий, должно оказывать по возможности большее сопротивление взрывной волне в течение возможно большего времени.

Следует отметить, что в соответствии с отечественными строительными нормами, при взрывах внутри зданий и сооружений избыточное взрывное давление не должно превышать 5 кПа.

Различные удары

На стекла могут быть направлены нагрузки, вызываемые ударами различными предметами. Их можно условно разделить на удары твердыми, острыми и тяжелыми предметами, а также на удары, вызываемые различными пулями.

Показателем устойчивости стекла к воздействию удара является величина энергии (работы), затраченной на его разрушение. Поскольку сопротивление удару является основным показателем при проектировании противовзломных окон, имеет смысл привести краткое описание оценочных методик, применяемых для стекол.

Так в соответствии со стандартами Финляндии, класс безопасности изделия из стекла и его ударная прочность по отношению к разрушению *твердым предметом* определяется следующим образом. На испытываемую стеклянную деталь размером 1100 мм x 900 мм падает стальной шар весом 4110 г и диаметром 100 мм. Испытания считаются успешно пройденными, если шар не прошел насквозь испытываемой детали. Классификация по соответствующим классам безопасности приведена в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Классификация классов безопасности стекол по ударной прочности к твердому предмету

Класс	Высота падения, мм	Энергия, Дж
A1	3500	141
A2	6500	262
A3	9500	383

Для проведения испытаний на ударную прочность к *острому предмету* деталь устанавливается в специальный испытательный станок. Острый предмет имеет форму острого топора, и его масса должна быть 2 000 г. Размер испытываемой детали равен 1100 мм x 900 мм.

При проведении испытаний на ударную прочность к *тяжелому предмету* на испытываемую стеклянную деталь с разной высоты падает кожаный мешок весом 45 кг. Размер испытываемой детали равен 865 мм x 1930 мм. Классификация по соответствующим классам безопасности приведена в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Классификация классов безопасности стекол по ударной прочности к тяжелому предмету

Класс	Высота падения, мм	Энергия, Дж
P1	305	135
P2	457	202
P3	1219	538

3.4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛОПАКЕТЫ. РАЗНОВИДНОСТИ. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В большинстве современных светопрозрачных конструкций различные стекла используются в так называемых изолирующих стеклопакетах. *Под изолирующим стеклопакетом (в дальнейшем — стеклопакетом) будем понимать элемент, в котором два или более стекла, герметично соединенных друг с другом при помощи специальной дистанционной рамки, а также внутреннего и внешнего герметиков, образуют замкнутую полость, заполненную осушенным воздухом или другими газами (аргоном — Ar, криптоном — Kr, гексафторидом серы — SF_6). **

- Аргон и криптон применяются для улучшения теплозащитных качеств стеклопакета, а гексафторид серы — для повышения его звукоизоляции. При этом аргон является наиболее распространенным и дешевым газом.

КОНСТРУКЦИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ. МАРКИРОВКА

Первый патент на производство стеклопакетов был выдан в 1865 г. Однако, их промышленное производство началось только в 1934 г. в Германии со стеклопакетов марки **CUDO**, примененных для остекления железнодорожных вагонов. В 1938 г. на рынке под маркой **Thermopane** появились стеклопакеты, состоявшие из стекол и свинцовой распорной рамки, спаянных между собой по контуру. Производство этих стеклопакетов было впервые освоено в США. Стеклопакеты различной конструкции представлены на рис. 3.12.

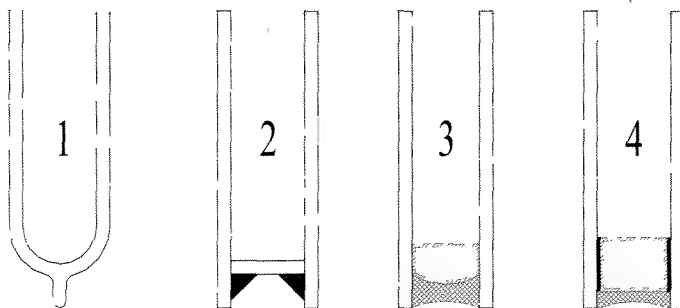


Рис. 3.12. Стеклопакеты различной конструкции: 1 — заваренный, 2 — паяный, 3 — клееный с одинарной герметизацией, 4 — клееный с двойной герметизацией

В 1950 г. были впервые изготовлены стеклопакеты с эластичным уплотнением. В них была использована алюминиевая пустотелая рейка, заполненная осушительным средством и уплотненная полисульфидным герметиком **Thiokol**.

А 1970 г. считается годом рождения современного стеклопакета, имеющего двойную герметизацию. Сегодня по этой технологии производится 90% всех стеклопакетов. Конструкция стеклопакета, наиболее распространенная в настоящее время, показана на рис. 3.13.



ПВХ-окно с фурнитурой Siegenia-AUBI KG



Системы наклонно-сдвижной фурнитуры Siegenia-AUBI KG
в окнах индивидуального жилого дома

Производство современных стеклопакетов, применяемых в строительстве и имеющих конструкцию, показанную на рис. 3.13, осуществляется в два этапа.

На I этапе на дистанционную рамку слоем толщиной приблизительно 4 мм, методом экструзии при температуре 120–140 °С наносится термопластичный однокомпонентный бутиловый герметик (полиизобутилен) или вручную с катушек наклеивается бутиловая лента (шнур). На этом же этапе дистанционная рамка заполняется осушителем (так называемым «молекулярным ситом» — веществом, близким по свойствам к известному в быту силикагелю), поглощающим влагу из воздуха, заполняющего воздушную прослойку. К предварительно обработанной рамке с двух сторон приклеиваются стекла.

На II этапе на автоматическом оборудовании или вручную наносится внешний герметик. Применяемые внешние герметики можно условно разделить на два основных класса — эластичные **двухкомпонентные полисульфидные герметики** (бутил + тиokol), твердение которых осуществляется за счет химической реакции между составляющими и **однокомпонентные герметики** на основе синтетического каучука, расплавление и отверждение которых являются физическими процессами (технология *хот-мелт*).

За счет использования осушителя воздух, находящийся внутри стеклопакета, практически полностью обезвоживается, и таким образом устраняется возможность выпадения конденсата между стеклами. ***Появление конденсата в межстекольном пространстве стеклопакета в процессе эксплуатации свидетельствует о грубых нарушениях, допущенных при его производстве — неполной герметизации или отсутствии осушителя.***

Заполнение промежутка между стеклами газом осуществляется через специальные отверстия в дистанционной рамке в двух противоположных углах, которые затем герметизируются. Следует отметить, что на протяжении всего расчетного периода эксплуатации стеклопакета происходит постепенная естественная утечка газа из внутренней камеры и, обратно — диффузия водяного пара, через микротрещины в герметике, вызванные напряжениями в **краевой зоне** (по контуру примыкания стекол к дистанционной рамке) под действием перепада давлений и температур. Для компенсации напряжений в краевой зоне необходим герметик с высоким модулем упругости, хорошо воспринимающий растягивающие усилия. В связи с этим можно также отметить, что прочностные свойства применяемого герметика определяют стабильность геометрических свойств пакета.

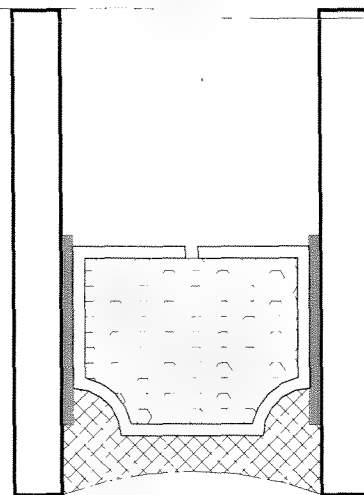


Рис. 3.13. Конструкция «склеенного» стеклопакета: 1 — внутренний бутиловый герметик (лента или мастика), 2 — дистанционная рамка (алюминиевый или гальванизированный стальной профиль), 3 — осушитель (силикагель), 4 — внешняя герметизирующая мастика, 5 — стекло

В этом отношении существенным недостатком герметиков системы «хот-мелт» следует считать размягчение при высоких температурах, которые могут быть вызваны воздействием солнечной радиации. Следовательно, можно говорить о том, что применение стеклопакетов с такими герметиками недопустимо в заполнении светопрозрачных кровель — где стеклопакет, установленный под наклоном, подвергается перегреву от солнца. В этом случае возможно «сползание» верхнего стекла и, соответственно, его разрушение.

В табл. 3.7 приведены сравнительные характеристики газо- и влагонепроницаемости наиболее распространенных герметиков, применяемых в настоящее время для производства стеклопакетов.

В список не включены специальные герметики, применяемые в стеклопакетах для структурного остекления (см. главу 10) и светопрозрачных кровель зимних садов, краевая зона которых подвергается повышенному воздействию ультрафиолетового излучения.

Таблица 3.7

Газо- и влагонепроницаемость различных герметиков

ОСНОВА ПОЛИМЕРА	АРГОН (л/ м ² сутки Бар)	Вода (г/ м ³ сутки)
Бутил (на основе PIB)	0,01	0,1
Полисульфид	0,03	3
Бутил горячего расплава	0,03	1
Полиуретан		
- на основе полибутадиена	0,3	1
- на основе полиэфира	0,9	8
Силикон *		
- однокомпонентный	30	13
- двухкомпонентный	10	16

- Герметизация силиконом является наиболее старой технологией изготовления стеклопакетов. В настоящее время в незначительных масштабах применяется мелкими производителями окон.

В зависимости от теплотехнических, звукоизоляционных и др. требований, в конструкции стеклопакета могут быть использованы два стекла, три стекла или два стекла и тонкая полимерная пленка вместо третьего и т.п. Межстекольное пространство может заполняться газами — аргоном, неоном, криптоном, гексафторидом серы. В стеклопакете в самых различных комбинациях могут быть установлены специальные стекла, как показано на рис. 3.14.

Стеклопакеты классифицируются по количеству воздушных камер на **однокамерные** (два стекла) и **двухкамерные** (три стекла).*

- В отечественной литературе по окнам, в модифицированном виде можно встретить устаревший термин, применявшийся к двухслойному и трехслойному остеклению оконных блоков одинарными стеклами; соответственно — «двухслойный стеклопакет» применительно к однокамерному и «трехслойный стеклопакет» применительно к двухкамерному.

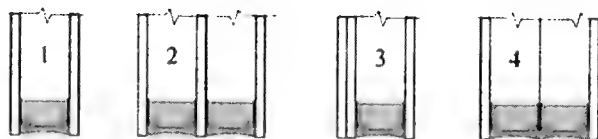


Рис. 3.14. «Склеенные» стеклопакеты различной конструкции: 1 – однокамерный стеклопакет, 2 – двухкамерный стеклопакет, 3 – однокамерный стеклопакет с ламинированным защитным стеклом (триплексом), 4 – двухкамерный стеклопакет с перегородкой из теплоотражающей пленки

Эстетические качества окна в соответствии с требованиями архитектора могут быть учтены за счет установки внутри стеклопакета декоративных раскладок, как правило, белого или золотистого цвета. Кроме того, снаружи могут быть наклеены декоративные планки, как показано на рис. 3.15.



Рис. 3.15. Декоративные раскладки внутри стеклопакета и наружные профильные планки

В *маркировке стеклопакетов* указываются толщина и тип стекол, ширина дистанционной рамки, количество воздушных прослоек, а также тип газа, используемого для их заполнения.

Для стекол обычно применяется следующая основная маркировка:

M	Обычное оконное стекло, полученное методом вытяжки
F	Оконное стекло, полученное флоат-способом
K	Стекло с твердым низкоэмиссионным покрытием, полученное по технологии In – Line
I	Стекло с мягким низкоэмиссионным покрытием, полученное по технологии Off – Line
S	Стекло, окрашенное в массу
PI	Теплоотражающая пленка

Для газов, заполняющих межстекольное пространство, применяется следующая маркировка:

Воздух	Пробел по умолчанию
Ar	Аргон
Kr	Криптон
SF₆	Гексафторид серы

Примеры:

4F – 12 – 4F – однокамерный стеклопакет с двумя одинаковыми флоат-стеклами по 4 мм и дистанционной рамкой 12 мм. Межстекольное пространство заполнено осушенным воздухом.

6F – 10 – 4F – 10 – 6F – двухкамерный стеклопакет с двумя дистанционными рамками по 10 мм, два внешних флоат-стекла имеют толщину 6 мм, внутреннее – 4 мм.

4F – 12Ar – 4K – однокамерный стеклопакет с дистанционной рамкой 12 мм, межстекольное пространство заполнено аргоном, внутреннее флоат-стекло, толщиной 4 мм, имеет твердое низкоэмиссионное покрытие.

3.5. ПРОЧНОСТЬ СТЕКЛОПАКЕТОВ

С точки зрения строительных расчетов, стеклопакет представляет собой пространственную конструкцию из двух или более стекол, разделенных между собой герметичными воздушными прослойками. Стекла склеены между собой по контуру при помощи дистанционных рамок и эластичных клеящих составов, что в совокупности образует шарнирное соединение.

При расчете на прочность и жесткость конструкцию стеклопакета можно рассматривать как две (или больше) жесткие пластинки, связанные между собой по всей поверхности упругой прослойкой и по контуру жесткими рамками с шарнирными связями.

В процессе эксплуатации в стеклах пакета возникают напряжения при действии односторонней нагрузки, вызванные действием ветра и снега, или двухсторонней нагрузки за счет изменения атмосферного давления и температуры воздуха (рис. 3.16).

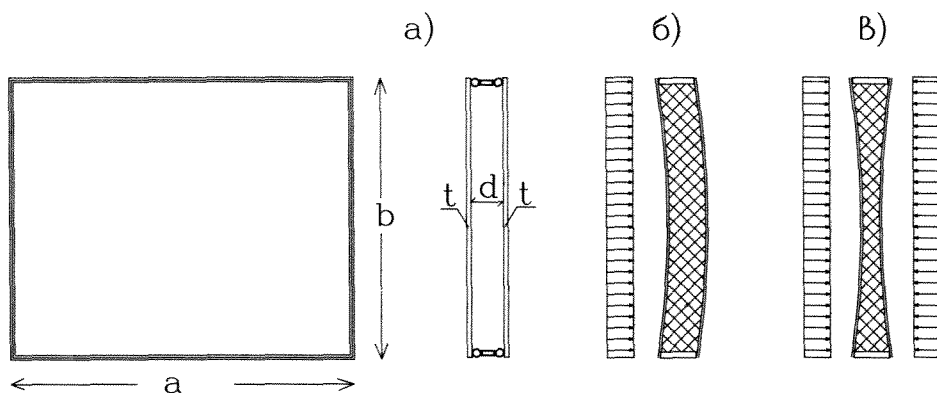


Рис. 3.16. Схема работы стекол однокамерного пакета: а) — расчетная схема стеклопакета; б) — односторонняя нагрузка (ветер и снег); в) — двухсторонняя нагрузка (перепады атмосферного давления и температуры наружного воздуха)

Герметичность воздушной прослойки является причиной того, что стеклопакет следует рассматривать как сопряженную систему, в которой воздух является упругой прослойкой, распределяющей нагрузку между стеклами. Механизм работы стекол в пакете при приложении односторонней ветровой или снеговой нагрузки состоит в том, в результате прогиба наружного стекла воздух в прослойке уплотняется, и в ней создается избыточное давление. Исследования показали, что благодаря герметичности воздушной прослойки деформации обоих стекол в однокамерном пакете при действии односторонней нагрузки примерно равны. Соотношение прогибов внутреннего и наружного стекол составляет 0.81—0.95, и тем ближе к единице, чем больше действующая нагрузка.

Для наглядного теоретического анализа напряженного состояния стеклопакета рассмотрим работу простейшего однокамерного стеклопакета под действием некоторой односторонней нагрузки (например, ветрового давления). Представим себе, что внутреннее стекло стеклопакета абсолютно жесткое, а наружное — достаточно гибкое и может прогибаться под нагрузкой.

Согласно уравнению газового состояния, между абсолютной температурой, давлением и объемом воздуха внутри замкнутой воздушной прослойки существует зависимость

$$P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2 \quad (3.11)$$

При условии, что температура воздуха внутри стеклопакета не изменяется, т.е. изменение давления внутри стеклопакета будет обратно пропорционально изменению объема воздуха в прослойке, уравнение (3.11) запишется в виде

$$P_1 / P_2 = V_2 / V_1 \quad T_1 = T_2 = \text{const} \quad (3.12)$$

Согласно уравнению (3.2), уменьшение объема воздуха внутри камеры, будет вызывать повышенное избыточное давление на стекла. Под действием ветровой нагрузки наружное стекло стеклопакета (со стороны приложения нагрузки) прогибается. Если принять, что при этом внутреннее стекло сохраняет свою прежнюю форму, то объем воздушной прослойки уменьшается, а давление в ней увеличивается.

Если задаться величиной допустимых прогибов стекла под действием односторонней равномерно распределенной нагрузки, то можно количественно оценить теоретическое (исходя из уравнения состояния) изменение давления на стекла при увеличении нагрузки.

В качестве расчетной модели примем круглый стеклопакет (в котором отсутствует влияние напряжений в углах) с радиусом — r и толщиной воздушной прослойки — h . Площадь стеклопакета примем равной приблизительно 1 м^2 , т.е. его радиус будет составлять $r = 60 \text{ см}$ (600 мм). Примем допустимую величину прогиба f равной $1/200 - 1/300$ пролета, что в данном случае составляет $1/200 - 1/300$ от диаметра $D = 120 \text{ см}$ (1200 мм) и равняется $3-5 \text{ мм}$. Толщину воздушной прослойки примем равной $h = 24 \text{ мм}$ ($2,4 \text{ см}$).

Первоначальный объем воздушной прослойки стеклопакета равен

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (3.13)$$

Подставив цифры, получим $3,14 \cdot 60^2 \cdot 2,4 = 27\,143 \text{ см}^3$.

Для установления зависимости давления в воздушной прослойке пакета от нагрузок рассмотрим изменение объема прослойки круглого стеклопакета при деформации его наружного стекла от приложенной нагрузки. Считаем, что часть объема воздушной прослойки — ∂V , на которую уменьшилась прослойка, представляет собой сферический сегмент, ограниченный сферической поверхностью деформированного наружного стекла. Объем сферического сегмента вычисляется по формуле

$$\partial V = \pi/6 \cdot f (3r_1^2 + 3r_2^2 + f^2) \quad (3.14)$$

где f — заданная величина допустимого прогиба в средней точке стеклянной пластины, [м].

Принимая $r_2 = 0$, получим

$$\partial V = \pi/6 \cdot f (3r_1^2 + f^2) \quad (3.15)$$

Если задаться значениями допустимых прогибов, увеличивающихся с некоторым заданным шагом (что соответственно будет отражать и увеличение приложенной нагрузки), то можно получить объемы сферических сегментов, которые затем впоследствии можно вычесть из первоначального объема прослойки. Соответственно можно оценить в процентном отношении долю уменьшения объема и роста внутреннего давления (связанных обратной пропорциональной зависимостью) под действием односторонней нагрузки, приведшей к определенному заданному значению прогиба. Цифры, иллюстрирующие теоретическое, прогнозируемое исходя из уравнения состояния увеличение внутреннего давления внутри однокамерного стеклопакета, приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Теоретическая оценка изменения объема воздушной прослойки стеклопакета при прогибах одного из стекол под действием односторонней нагрузки

Наименование величин	Расчетные показатели			
Величина допустимого прогиба, мм	2	3	4	6
Объем сжатого сегмента, см^3	1 130	1 696	2 261	3 391
Уменьшение объема, %	8	13	17	25
Увеличение внутреннего давления, %	8	13	17	25

Цифры, приведенные в табл. 3.8, выведены, исходя из идеальной модели, предполагающей, что вся нагрузка воспринимается одним стеклом и не приводит к прогибу второго. Однако, в реальных конструкциях этого не происходит.

Для иллюстрации рассмотрим действие на стеклопакет ветровой нагрузки при скорости 28 м/сек. В этом случае ветровое давление может быть определено как $P = v^2/16$, где v — скорость ветра. Подставив значения, получаем: $P = 28^2/16 = 50 \text{ кгс/м}^2$ или 0.5 кПа. Если принять, что эта нагрузка вызывает даже не самый большой прогиб наружного стекла — порядка 3 мм, то в этом случае (согласно табл. 3.8), объем воздушной прослойки уменьшился бы на 13%. Соответственно давление внутри стеклопакета увеличилось бы тоже на 13%.

Если принять, что начальное давление внутри стеклопакета равно атмосферному и составляет $P = 100 \text{ кПа}$, то избыточное давление, создаваемое ветровой нагрузкой, равнялось бы 13 кПа или 1300 кгс/м^2 . Однако, такое ветровое давление может быть достигнуто при небывалой скорости ветра — 144 м/сек или 518.4 км/час.

Таким образом, приведенные простые рассуждения обозначают явное противоречие между математическим уравнением состояния и реальными природными факторами. Прежде всего, они говорят о том, что в действительности стеклопакет не воспринимает нагрузку за счет прогиба одного стекла, передавая ее на абсолютно жесткое другое, а оба стекла работают совместно при действии односторонней нагрузки.

В практических расчетах вводятся понижающие коэффициенты к расчетной нагрузке, учитывающие совместную работу стекол в стеклопакете. Для однокамерного стеклопакета $k \sim 0.5$, для двухкамерного $k \sim 0.33$.

В стеклопакете, подверженном воздействию *двухсторонней нагрузки*, возникающие усилия распределяются равномерно между стеклами пакета. Действие такой нагрузки вызывается изменением давления в воздушной прослойке при изменении температуры воздуха или атмосферного давления. При этом происходит выравнивание давления снаружи и внутри стеклопакета за счет изменения объема воздушной прослойки. Стекла пакета изгибаются, а создаваемое в них напряженное состояние является предпосылкой для возникновения трещин при транспортировке или монтаже.

При понижении температуры во внутренней камере (при охлаждении стеклопакета) ее объем будет уменьшаться, стекла будут выгибаться во внутреннюю полость, что может вызвать «схлопывание» стеклопакета. Следует отметить, разрушение пакетов при «зимних» монтажах является достаточно распространенным явлением, в связи с чем их производители не рекомендуют производить монтаж при температуре наружного воздуха ниже -15°C .

Действительно, если температура воздуха в помещении, где стеклопакет был изготовлен, составляла $T_1 = +20^\circ\text{C}$, а температура наружного воздуха во время монтажа и транспортировки была $T_2 = -20^\circ\text{C}$, то скачок температур на 40°C приведет к изменению объема воздуха прослойки.

$$T_1/T_2 = V_1/V_2 \quad P_1 = P_2 = \text{const} \quad (3.16)$$

Относительное изменение температуры в Кельвинах составит

$$\Delta T = (273-20)/(273+20) = 0.86,$$

то есть температура воздуха в воздушной прослойке изменилась на 14%. В соответствии с уравнением состояния, объем воздуха в прослойке должен уменьшиться

также на 14 %. Так как выгибаются оба стекла, то каждое стекло при деформации будет изменять объем воздуха на 7,0 %, чтобы компенсировать избыточное атмосферное давление. Как видно из таблицы 3.7, величина прогиба каждого стекла при этом будет составлять около 2 мм. Очевидно, что чем больше площадь стеклопакета и чем больше толщина воздушной камеры, тем больше вероятность его разрушения при изменении температуры.

Гораздо более редкий случай представляет разрушение стеклопакетов при изменении атмосферного давления. Однако, возможны случаи, когда стеклопакеты могут изготавливать при повышенном или пониженном атмосферном давлении, а изменение давления может составить до 4 кПа. В соответствии с формулой (3.12.) объем воздуха прослойки при изменении давления должен измениться на величину порядка 4%. Так как выгибаются оба стекла, то каждое стекло при деформации будет изменять объем воздуха на 2,0 %, чтобы компенсировать избыточное атмосферное давление.

Из приведенных выше рассуждений можно сделать вывод о том, что выбор толщины воздушной прослойки оказывает определенное влияние на статическую работу стеклопакета.

В стеклопакете, подверженном воздействию односторонней внешней нагрузки, увеличение объема воздушной прослойки приведет к тому, что ухудшится совместная работа стекол в стеклопакете. Реальная нагрузка на внутреннее стекло уменьшится, а на внешнее стекло — увеличится. По характеру статической работы стеклопакет будет приближаться к окну с 2-х слойным раздельным остеклением.

В стеклопакете, подверженном воздействию двухсторонней внешней нагрузки за счет перепадов температуры, увеличение объема воздушной прослойки приведет к увеличению вероятности разрушения стекол в стеклопакете.

В стеклопакете, подверженном воздействию двухсторонней внешней нагрузки за счет перепадов атмосферного давления, увеличение объема воздушной прослойки также приведет к ухудшению совместной работы стекол в стеклопакете.

Таким образом, можно говорить о том, что исходя из условия прочности, толщина воздушной прослойки стеклопакета должна быть минимальной.

Следует отметить, что в стеклопакетах с узкими камерами (например 6 мм), «схлопывание» может произойти в результате того, что суммарный двойной прогиб стекол превысит толщину камеры.

3.6. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА СТЕКЛОПАКЕТА И ОКОННОГО ПРОФИЛЯ. НАГРУЗКИ В КРАЕВОЙ ЗОНЕ СТЕКЛОПАКЕТА

В приведенных выше разделах была рассмотрена работа стеклопакета без учета влияния оконного профиля, в который он вставляется. Вместе с тем, напряжения, возникающие в краевой зоне пакета за счет различных коэффициентов температурного расширения металла и стекла, а также усилия, вызванные температурными деформациями оконного профиля, являются одной из основных причин разрушения стеклопакетов, наряду с перепадами давлений и температур.

При изгибе оконного профиля за счет возникающих в нем температурных напряжений, ветровых нагрузок, собственного веса выше расположенных конструкций, а также при динамических воздействиях от открывающихся и закрывающихся дверей в офисных перегородках, витринах и т.п., усилия от профиля передаются на краевую

зону стеклопакета. Для долговечной и надежной эксплуатации стеклопакетов способы их крепления должны исключать передачу этих нагрузок. С этой целью между стеклопакетом и переплетом оставляют *компенсационные зазоры*, в которые при установке стеклопакета в проектное положение укладываются специальные *подкладки*. По своему назначению они подразделяются на опорные и фиксирующие. *Опорные подкладки* служат для передачи нагрузки от собственного веса на переплет, *фиксирующие* — обеспечивают центровку стеклопакета в световой ячейке, а также исключают возможность его смещения при открывании створок.

Подкладки под стеклопакет для ПВХ-профилей изготавливаются в виде пластин из ПВХ, размером 30 х 97 мм и толщиной 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 и 5.0 мм. Схема размещения подкладок зависит от вида остекления (глухое или открывающееся) и способа подвески створок. На рис.3.17 показаны примеры установки подкладок, согласно рекомендациям концерна Veka.

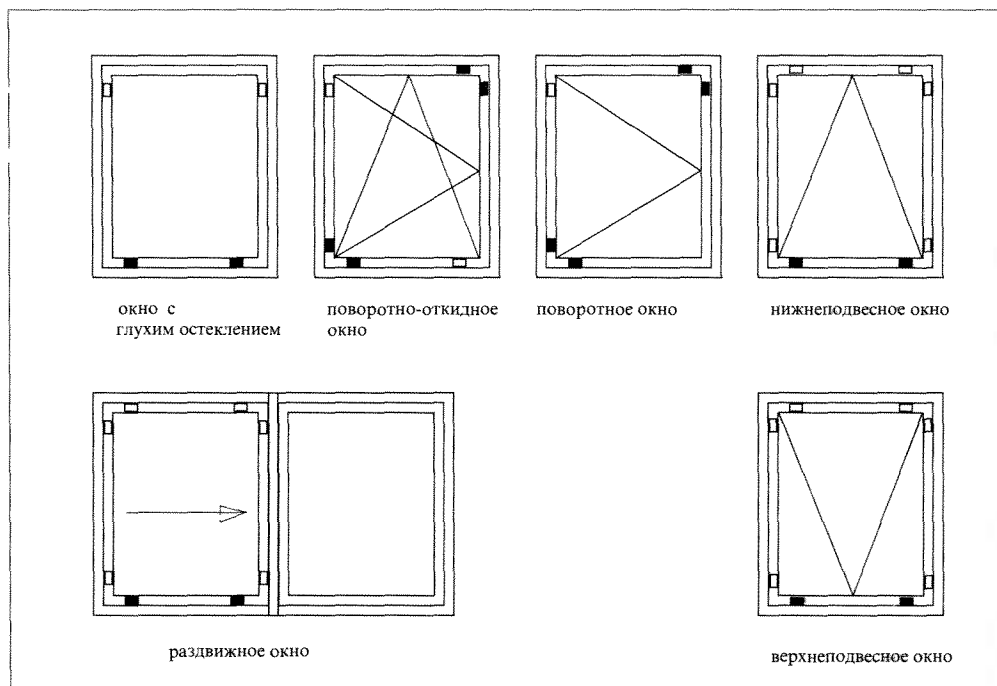


Рис. 3.17. Примеры установки подкладок под стеклопакет

Краевая зона является наиболее уязвимой для стеклопакета за счет контакта материалов с различными физическими характеристиками. При установке стеклопакетов в оконный профиль следует по возможности защищать ее от промерзания. Кроме того, как уже отмечалось выше, микротрещины, которые могут возникнуть при резке стекла на стадии изготовления стеклопакета, могут привести к его разрушению в процессе эксплуатации, за счет возникающих непосредственно в краевой зоне температурных напряжений.

ГЛАВА 4.

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОСТЕКЛЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОН

4.1. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКОННОГО СТЕКЛА

Как уже отмечалось, основной функцией светопрозрачных конструкций является освещение помещений естественным светом.

Оптическим излучением или *светом* называют электромагнитные волны (электромагнитное излучение), длины которых в вакууме лежат в диапазоне от 10 нм до 1 мм. К оптическому излучению относятся видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения.

Инфракрасным излучением (ИК) (тепловое излучение) называется электромагнитное излучение, испускаемое нагретыми телами, длины волн которого в вакууме лежат в пределах от 1 мм до 770 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

Видимым излучением или *видимым светом* называется электромагнитное излучение с длинами волн в вакууме от 770 до 380 нм, которое способно непосредственно вызывать зрительное ощущение в человеческом глазе.

Ультрафиолетовым излучением (УФ) называется электромагнитное излучение с длинами волн в вакууме от 380 до 10 нм. В области от 10 до 200 нм УФ излучение сильно поглощается.

От всего солнечного излучения интенсивность УФ составляет порядка 1%. При этом в ультрафиолетовом спектре можно условно выделить три области, оказывающие позитивное влияние на деятельность человека.

1. В области 200 – 280 нм УФ излучение применяется для стерилизации помещений. При этом уничтожаются болезнетворные для человека микробы.
2. В области 280 – 315 нм ультрафиолет оказывает тониизирующее действие и способствует развитию фосфорно-кальциевого обмена. УФ излучение в этом спектре применяют для лечения больных рахитом.
3. В области 315 – 400 нм УФ находит разнообразное техническое применение.

Следует, однако, помнить о специфическом биологическом действии УФ, выражающемся в химических изменениях в поглощающих его молекулах живых клеток, что приводит к разрушению ДНК, нарушению деления и гибели клеток. Поэтому благотворное действие на человека и животных УФ оказывает лишь в малых дозах. Кроме того, избыточное ультрафиолетовое излучение приводит к обесцвечиванию мебели, ковровых покрытий, картин и др.

При проектировании светопрозрачных ограждений в строительной технике принято рассматривать четыре аспекта, связанных с воздействием оптического излучения на микроклимат зданий и отдельных помещений, и характеризующих оптическую работу остекления в различных участках спектра.

1. Естественное освещение помещений рассеянным (диффузным) солнечным светом, отраженным от небосвода.
2. Теплопотери из помещения (на протяжении отопительного периода) в окружающую среду за счет длинноволнового ИК излучения через остекление.

3. Теплопоступления в помещения (солнечная радиация) за счет коротковолнового ИК спектра солнечного излучения, проходящего через остекление.
4. Инсоляция – облучение помещений прямыми солнечными лучами.

Для анализа закономерностей энергообмена через светопрозрачные конструкции прежде всего необходимо исходить из того, что в естественном природном теплообмене каждое тело излучает тепловую энергию. При этом длина волны излучения зависит от температуры тела. Стекло, установленное в наружной ограждающей конструкции здания, подвергается воздействию теплового излучения, идущего от солнца и внутренних поверхностей помещения, абсолютная температура которых близка к абсолютной температуре поверхности Земли (для данного климатического района) и составляет в среднем 293К (20 °С). При этом максимум теплового излучения находится в диапазоне от 1600 до 2000 нм.

Температура поверхности Солнца составляет около 6000 К. Его тепловое излучение приходится на диапазон длин волн от 300 до 2500 нм. Сосредоточенная в этом диапазоне тепловая энергия может быть распределена по длинам волн в соответствии с табл.4.1.

Таблица 4.1

Распределение тепловой энергии Солнца по спектру излучения

Спектр излучения	Длина волны, нм	Тепловая энергия, %
Ультрафиолет – УФ	< 380	1
Видимый спектр	380-760	53
Инфракрасное излучение – ИК	760-2500	46

Спектры теплового излучения Солнца и внутренних поверхностей помещения (условно – Земли) показаны на рис. 4.1.

УФ-излучение видимый свет коротковолновое ИК-излучение длинноволновое ИК-излучение

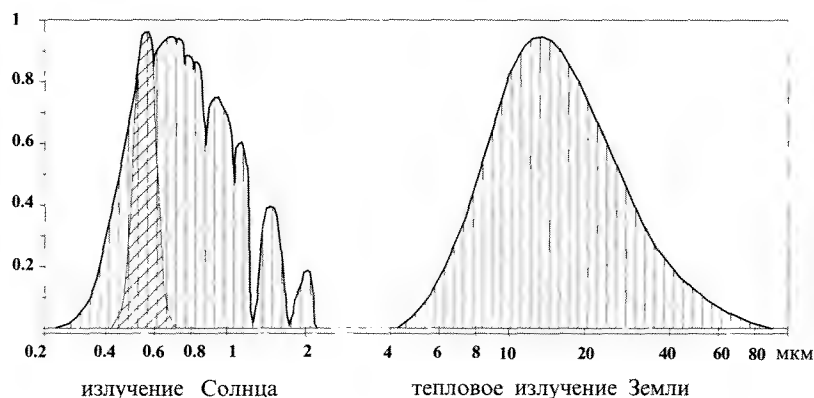


Рис. 4.1. Спектры теплового излучения Солнца и Земли – внутренних поверхностей помещения

Поскольку (как это видно из табл. 4.1 и рис. 4.1) УФ излучение занимает незначительную долю тепловой энергии, излучаемой солнцем, и совсем отсутствует в спектре излучения внутренних поверхностей помещения, рассмотрение его в строи-

тельных расчетах имеет практическое значение только для помещений специального назначения — большей частью в медицинских учреждениях.

Таким образом, основной задачей проектирования оптических характеристик остекления является круглогодичное обеспечение его оптимальной работы в видимом и ИК участках спектра в соответствии с заданными условиями для конкретного помещения.

На рис. 4.2 показана схема передачи солнечного излучения через конструкцию остекления. Часть тепловой энергии, падающей на стекло (или стеклопакет), проникает сквозь него, часть тепловой энергии отражается от поверхности стекла, и часть поглощается стеклом.

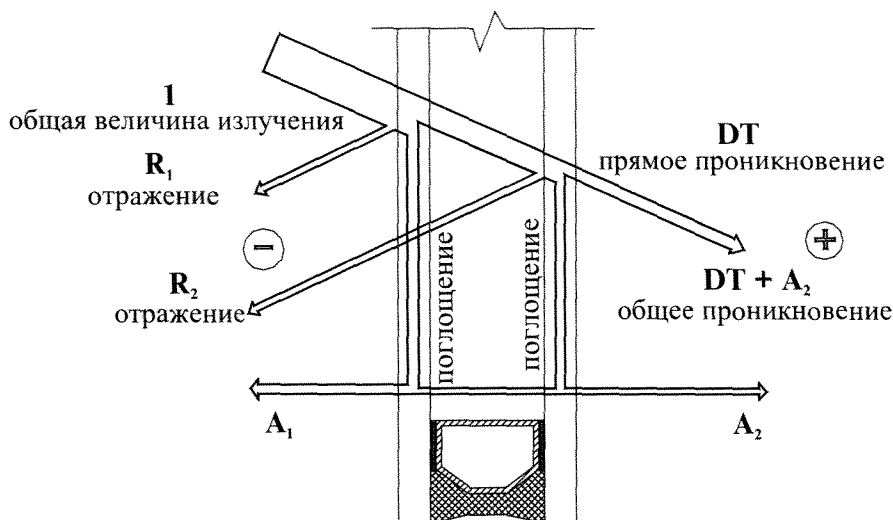


Рис. 4.2. Передача солнечного излучения через стеклопакет

Оптическая работа стекла как в видимой, так и в ИК области характеризуется уравнением распределения излучения

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad (4.1)$$

В дальнейшем изложении будем использовать следующие характеристики

В видимой части:

τ_v — пропускание; ρ_v — отражение; α_v — поглощение

В ИК части:

τ_e — пропускание; ρ_e — отражение; α_e — поглощение

В видимой части спектра поведение стекла характеризуется цветовыми координатами (или так называемым «цветовым коробом»), определяющими его визуальное восприятие человеческим глазом. Для обычного флоат-стекла характерен так называемый «нейтральный аспект» — воспринимаемая зрительно прозрачность.

На рис. 4.3 показаны система цветовых координат, применяемая производителями стекол для оценки их поведения (в лабораторных условиях) в видимой части спектра.

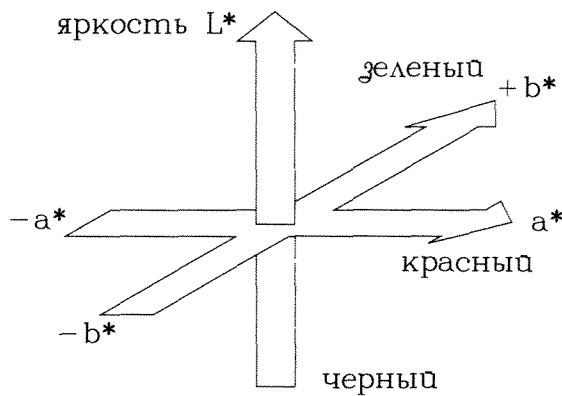


Рис. 4.3. Цветовые координаты для оценки поведения стекла в видимой части спектра

Характеристики обычного стекла, имеющего пропускание в видимой части $\tau_v = 0.9$ и отражение $\rho_v = 0.08$, могут служить в качестве ориентира для оценки зрительного восприятия. Так у «к – стекла» с напылением, воспринимаемого зрительно почти так же, как обычное стекло, эти величины составляют соответственно $\tau_v = 0.84$ и $\rho_v = 0.11$, а для зеркального стекла $\tau_v = 0.32$ и $\rho_v = 0.46$.

Способность стекла отражать направленное на него длинноволновое ИК излучение (в области комнатных температур) характеризуется его излучательной способностью ϵ . *Чем меньше ϵ , тем больше тепловой энергии отразится от стекла обратно в помещение.* Под излучательной способностью ϵ понимают отношение мощности излучения поверхности к мощности излучения так называемой абсолютно черной поверхности (или абсолютно черного тела – АЧТ).*

- ϵ – *излучательно-поглощательная способность тела*, называемая также *степенью черноты*, определяется как отношение энергий излучения серого (E) и абсолютно черного тел (E_0) – $\epsilon = E/E_0 < 1$. Под *абсолютно черным телом* (АЧТ) понимается такое условное тело, которое полностью поглощает все падающее на него излучение. Для АЧТ $\epsilon = 1$, т.е. энергия излучения АЧТ составляет 100% по отношению ко всем другим телам, являющимся менее мощными излучателями и называемыми иначе *серыми телами*. Все строительные материалы, в том числе и стекла, относятся к серым телам.

Для обычного оконного стекла излучательная способность ϵ составляет приблизительно 0.84, а у стекол с низкоэмиссионным покрытием колеблется в пределах 0.04 ... 0.2 в зависимости от назначения и типа покрытия.

Таким образом, становится понятным термин «низкоэмиссионное стекло», т.е. стекло, имеющее низкую излучательную (эмиссионную – от англ. emission) способность.

На рис. 4.4 показана сравнительная спектральная характеристика обычного оконного стекла и стекла с низкоэмиссионным покрытием. Из рисунка хорошо видно, что низкоэмиссионное стекло достаточно хорошо пропускает видимый свет, и

почти полностью отражает тепловую энергию в длинноволновом ИК диапазоне (с длиной волны более 800 нм).

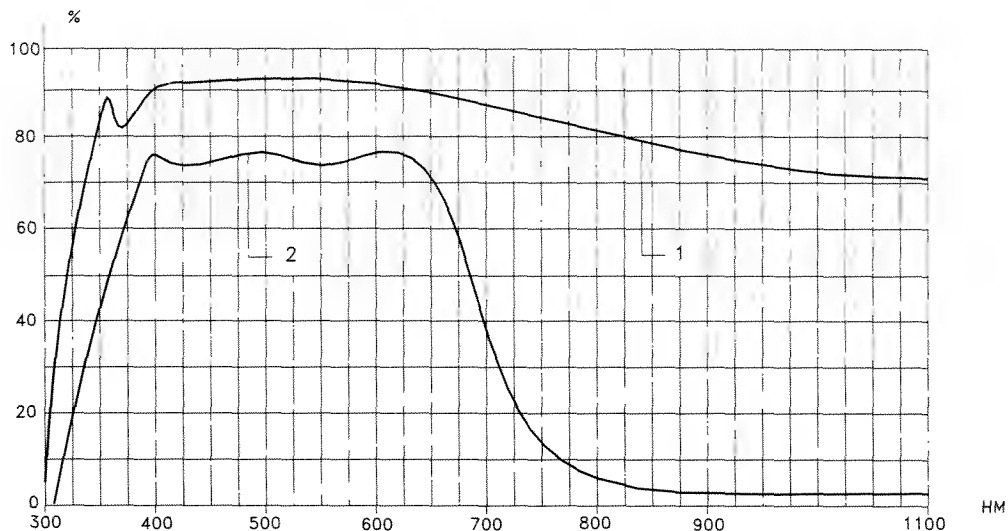


Рис. 4.4. Спектральная характеристика пропускания различных стекол: 1 — обычное оконное стекло, 2 — стекло с низкоэмиссионным покрытием

Вопрос о работе стекления в области **коротковолнового ИК солнечного излучения**, как правило, возникает при проектировании так называемого «солнцезащитного» остекления, — проблема актуальная не только для стран с жарким климатом, но и в условиях Украины и Центральной Европы.

Как видно из рис. 4.4, **обычное оконное стекло пропускает ИК солнечное излучение почти также хорошо, как и видимый свет**. В спектре ИК излучения характеристики обычного оконного стекла соответственно равны: $\tau_e = 0.82$; $\rho_e = 0.07$; $\alpha_e = 0.11$.

Тепло, поступающее в помещение за счет солнечной радиации, аккумулируется внутренними стенами и перекрытиями, что приводит к их перегреву, неблагоприятно ощущаемому человеком. Создается так называемый «парниковый эффект». Аналогичные ощущения можно испытать в автомобиле, долгое время простоявшем на солнце, при аккумуляции тепла салоном.

Согласно уравнению (4.1), **идея солнцезащитного остекления состоит в понижении его пропускания τ_e в ИК спектре с соответствующим увеличением отражения или поглощения солнечной энергии**.

Аналогично работе стекла в длинноволновом ИК диапазоне, отражение или поглощение солнечного тепла достигается за счет использования металлов или их оксидов, вводимых в массу стекла или напыляемых в качестве покрытия. Оксиды железа, меди или кобальта, вводимые в стекломассу, окрашивают стекло в зеленовато-голубоватые или серые тона. Стекла, окрашенные в массу, обычно определяются в специальной литературе как **«теплопоглощающие»** и имеют осредненные характеристики, близкие к следующим значениям: $\tau_e = 0.19$; $\rho_e = 0.08$; $\alpha_e = 0.73$. Высокое значение α_e характеризует способность таких стекол поглощать солнечную энергию.

Стекла с солнцезащитными покрытиями имеют характерную окраску в отраженном свете и классифицируются в литературных источниках как «*теплоотражающие*». Этот термин можно считать не вполне корректным, поскольку: во-первых, покрытие может быть нанесено на стекло, окрашенное в массу (телопоглощающее), а во-вторых, покрытие, проводящее по своей природе, само по себе достаточно хорошо поглощает солнечную энергию.

Иными словами, поглощающая способность «теплоотражающих» стекол достаточно высока, а их усредненные характеристики выглядят следующим образом:

$$\tau_e = 0.42; \rho_e = 0.31; \alpha_e = 0.27.$$

Соотношение поглощения и отражения видимого света и солнечной энергии находится в тесной взаимосвязи с цветовыми решениями остекления, закладываемыми на стадии архитектурного проектирования.

В этой связи необходимо отметить, что современные технологии нанесения покрытий позволяют получить практически неограниченную цветовую гамму остекления с различной степенью рефлексивной яркости. Цветовые решения, особенно в фасадном остеклении, диктуются архитектурными стилями и традициями каждой страны. Так, например, в ряде стран существуют ограничения на яркость отражения солнца фасадными стеклами с точки зрения их влияния на противостоящие здания, а также на безопасность дорожного движения.

Солнцеотражающие покрытия, отличающиеся большим разнообразием, могут быть подразделены на две основные группы, характеризующие отражение солнечной энергии. *Неселективные* покрытия отражают солнечную радиацию во всем спектре солнечного излучения, включая видимый свет. *Селективные* покрытия пропускают видимый свет ($\lambda = 0.38 - 0.78$ мкм) и отражают ИК излучение с длиной волны $\lambda = 0.78$ мкм.

Неселективные покрытия выполняются на основе оксидов железа, хрома, никеля и титана; наносятся с одной или с обеих сторон стекла. Эти покрытия наносятся, как правило, по технологии «on — line» и относятся таким образом к «жестким покрытиям». Солнцеотражающий эффект неселективных стекол основан на отражении и поглощении металлического слоя, толщиной 5 — 30 нм, в основном состоящего из элементов 8 — ой подгруппы периодической таблицы — хрома (Cr), NiCr или других сплавов. Металлический слой может быть покрыт низко поглощающим слоем диэлектрика или двумя слоями — с целью получения эффекта интерференции.

Селективные покрытия выполняются на основе серебряного слоя, толщиной 10 — 20 нм (до недавнего времени в качестве базового слоя использовалось золото).

Солнцезащитный эффект таких покрытий основан на отражении коротковолнового ИК излучения за счет наличия в покрытии свободных электронов. Работа покрытия может быть улучшена за счет дополнительных слоев из низко поглощающих диэлектрических материалов — олова, цинка, оксида титана, сульфата цинка и др. Эти дополнительные слои определяют цвет покрытия. Все селективные солнцезащитные покрытия относятся к так называемым «мягким покрытиям», и могут быть применены только в стеклопакетах при условии, что покрытие обращено внутрь воздушной камеры.

Таким образом, выше были описаны конструктивные решения стекол, ориентированные на решение определенных строительных задач, и характеризующие работу остекления в различных участках спектра солнечного излучения.

4.2. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И КОМФОРТНОСТЬ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ

Основными показателями, определяющими комфортность микроклимата внутри помещения, являются температура и влажность внутреннего воздуха. Температура и влажность внутреннего воздуха являются нормируемыми санитарно-гигиеническими параметрами и в идеале должны поддерживаться круглогодично постоянными в любое время суток. Для гражданских зданий температура и влажность внутреннего воздуха нормируются в соответствии с Табл. 1.2 МГСН 2.01.94¹. Так для жилых, общественных и школьных зданий температура внутреннего воздуха $t_{в}$ принимается равной 20 °С, для поликлиник и лечебных учреждений – 21 °С, для детских дошкольных учреждений – 22 °С. При этом для всех перечисленных зданий влажность внутреннего воздуха $\phi_{в}$ принимается равной 55%, а скорость движения воздуха при вентилировании не должна превышать 0,2 м/с.

Одним из важнейших показателей, влияющих на условия пребывания человека в помещении и особенности эксплуатации конструкций, ограждающих это помещение, является осредненная температура всех поверхностей, ограничивающих помещение, так называемая «среднерadiационная температура» – $t_{ср}^{рад}$.

Очевидно, что *температура на поверхности стекла со стороны помещения является определяющей в формировании $t_{ср}^{рад}$, и следовательно, – важнейшим условием комфортного состояния находящихся в нем людей является поддержание возможно стабильного ее значения на протяжении всего года.*

Зона соотношения комфортных температур на внутренней поверхности стекла и внутреннего воздуха помещения показана на рис. 4.5.

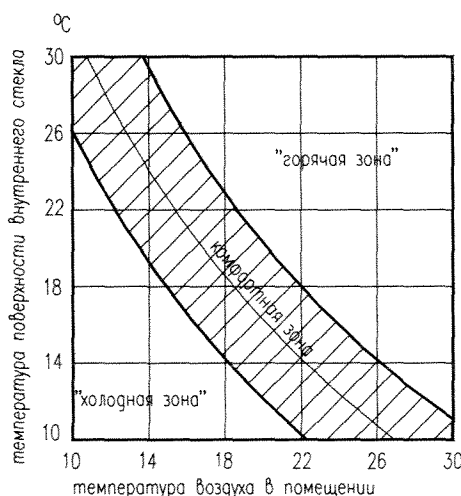


Рис. 4.5. Зона соотношения комфортных температур на внутренней поверхности стекла и внутреннего воздуха помещения

Как уже отмечалось выше, обычные оконные стекла и стеклопакеты из таких стекол пропускают до 84% теплового излучения солнца. Мощность теплового излучения солнца вблизи поверхности земли достигает порядка 800 Вт/м². Вполне понятно, что такая мощность теплового излучения, значительная часть которого пропускается обычным остеклением, способна привести к ощутимому перегреву помещений в летнее время.

Уменьшения величины теплового потока, попадающего через окно в помещение, можно достичь за счет установки в стеклопакете теплозащитных (теплоотражающих или теплопоглощающих) стекол. Поскольку такие стекла в видимой части спектра пропускают 75-80% излучения солнца, и только 5-20% в ИК области солнечного излучения, то в соответствии с табл. 4.1. можно определить *общий затеняющий эффект SH*, создаваемый такими стеклами.

¹ В Украине эти вопросы регламентируются ДБН В.2.5-23-2003 «Проектирование электрооборудования объектов гражданского назначения».

В диапазоне длин волн 380 - 760 нм (видимый спектр) $SH = 53\% \times 0.80 = 42\%$.

В диапазоне длин волн 760 - 2500 нм (ИК спектр) $SH = 46\% \times 0.20 = 9\%$

Таким образом, в помещение попадает 42% энергии солнца в видимой части спектра и только 9% в инфракрасной области.

Необходимо отметить, что в условиях большей части территории Украины задача проектирования солнцезащитного остекления решается для небольшого числа объектов (как правило, имеющих сплошное остекление по фасаду), а определяющими являются зимние условия эксплуатации. Рассмотрим основные задачи проектирования светопрозрачных ограждающих конструкций, исходя из зимних условий, более подробно.

4.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСТЕКЛЕНИЯ, ИСХОДЯ ИЗ ЗИМНИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Расчет светопрозрачных конструкций для условий наиболее холодного зимнего периода проводят, исходя из недопустимости переохлаждения помещения. Основной нормируемой величиной, характеризующей теплозащитные качества ограждающих конструкций, является *термическое сопротивление R*.

В общем виде термическое сопротивление ограждающей конструкции представляет собой величину, характеризующую количество тепла, проходящее через единицу площади поверхности за единицу времени при заданной разнице температур на ее поверхностях. Иными словами,

$$R = \Delta t / Q \quad (4.2)$$

где R — термическое сопротивление, $[m^2 \cdot C / Bt]$;

Q — тепловой поток, проходящий через $1 m^2$ сечения за $1 ч$, $[Bt]$;

Δt — разница температур на внутренней и наружной поверхности, $[^{\circ}C]$.

В зарубежной технической литературе в качестве величины, характеризующей теплозащитные качества остекления, приводится величина, обратная сопротивлению теплопередаче, т.е. $K=1/R$. Эта величина называется *коэффициентом теплопередачи*.

С точки зрения теплотехники, простейший однокамерный стеклопакет представляет собой замкнутую воздушную прослойку, малой толщины по сравнению с площадью ограничивающих поверхностей остекления.

Теплопередача через воздушные прослойки осуществляется излучением, конвекцией и теплопроводностью. Теплоизолирующую способность стеклопакетов оценивают по величине термического сопротивления R_o . Чем выше термическое сопротивление, тем лучшими теплозащитными свойствами обладает ограждение. Величина R_o может быть определена по формуле

$$R_o = R_{\text{в}} + R_{\text{ст}} + R_{\text{вн}} + R_{\text{н}} \quad (4.3)$$

где $R_{\text{в}}=0.12$, $R_{\text{н}}=0.04$, $[m^2 \cdot C / Bt]$ — соответственно сопротивления теплопередаче у внутренней и наружной поверхностей остекления;

$R_{\text{ст}}$, $[m^2 \cdot C / Bt]$ — термическое сопротивление стекол;

$R_{\text{вн}}$, $[m^2 \cdot C / Bt]$ — термическое сопротивление воздушной прослойки.

Термическое сопротивление стекол в стеклопакете определяется как

$$R_{\text{ст}} = n\delta_i / \lambda_i \quad (4.4)$$

где δ_i – толщина каждого стекла, [м];

λ_i – коэффициент теплопроводности стекол, равный для силикатного стекла 0.76 [Вт/(м°С)].

Величина $R_{\text{ст}}$ показывает долю теплопотерь, теряемую непосредственно через стекла за счет теплопроводности. Поскольку объемный вес стекла, равный по значению объемному весу железобетона, высок ($G = 2500 \text{ кг/м}^3$), его коэффициент теплопроводности имеет также высокое значение ($\lambda = 0,76 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$). Соответственно при толщине стекла 4 ... 6 мм (0.004 ... 0.006 м), величина $R_{\text{ст}}$ будет колебаться в пределах 0.005 – 0.02 м²°С/Вт, что не может оказывать существенного влияния на теплоизоляционные свойства стеклопакета. При этом величину $R_{\text{ст}}$ не следует путать с теплозащитными качествами низкоэмиссионных стекол.

Таким образом, толщина стекол, устанавливаемых в стеклопакет, не оказывает никакого влияния на его теплоизоляционные свойства; а наружное остекление в одно стекло может быть запроектировано исключительно для неотапливаемых помещений – холодных балконов, витрин и т.п.

Определяющую роль в теплозащитных свойствах стеклопакета играют две другие составляющие теплообмена – излучение и конвекция (рис. 4.6).

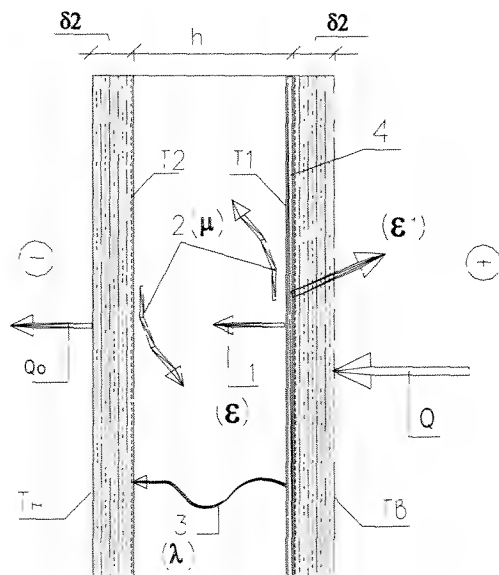


Рис. 4.6. Теплопередача через конструкцию остекления: 1 – радиация, 2 – конвекция, 3 – теплопроводность; 4 – низкоэмиссионное покрытие, λ – коэффициент теплопроводности, μ – динамическая вязкость, ϵ – излучательно-поглощательная способность

- Применительно к данной задаче, динамическая вязкость μ характеризует сопротивляемость газа движению теплых и холодных струй внутри заполняемого им объема, вызванную неравномерным нагреванием ограничивающих поверхностей. Иными словами, величина μ , в данном случае, отражает способность газа, заполняющего воздушную прослойку, сопротивляться конвективному переносу тепла. Чем меньше μ , тем более интенсивна конвекция.

С учетом того, что величина $R_{\text{ст}}$ близка к нулю, общее термическое сопротивление стеклопакета может быть определено, исходя из формулы

$$R_0 = R_{\text{в}} + \sum R_{\text{вн}} + R_{\text{н}} = \sum R_{\text{вн}} + 0.16 \quad (4.6)$$

Соппротивление теплопередаче одной воздушной прослойки определится как

$$R_{вп} = 1 / K_{вп} = 1 / (K_{кон} + K_{из}) \quad (4.7)$$

Где $K_{вп}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки;

$K_{кон}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки за счет конвекции и теплопроводности газа, заполняющего прослойку;

$K_{из}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки за счет излучения.

Коэффициент теплопередачи воздушной прослойки за счет конвекции и теплопроводности газа, заполняющего прослойку, может быть определен как

$$K_{кон} = Nu (\delta / \lambda) \quad (4.8)$$

Где Nu – число Нуссельта, определяющее характер теплообмена внутри воздушной прослойки (конвективный или кондуктивный (за счет теплопроводности) перенос тепла). Если $Nu=1$, то теплообмен в прослойке определяется только теплопроводностью, т.е. $K_{кон} = \delta / \lambda$.

Для удобства расчетов коэффициент $K_{кон}$ можно определять по табл. 4.2. с учетом толщины воздушной прослойки и теплофизических характеристик заполняющих газов.

Таблица 4.2

Теплотехнические характеристики газов, применяемых для заполнения стеклопакетов

Газ	T, °C	Плотность ρ кг/м ³	Теплопроводность $\lambda \times 10^{-2}$ Вт/(м × К)	Динамическая вязкость $\mu \times 10^{-5}$ кг/(м × с)	Теплоемкость C Дж/(кг К)
Воздух	+10	1.232	2.496	1.761	1.008
Аргон (Ar)	+10	1.699	1.684	2.164	0.519
Криптон (Kr)	+10	3.560	0.900	2.670	0.245
Гексафторид серы (SF ₆)	+10	6.360	1.275	1.459	0.614

Таблица 4.3

Коэффициент теплопередачи воздушных прослоек, заполняемых различными газами за счет конвекции и теплопроводности

Газ, заполняющий межстекольное пространство	$K_{кон}$ [Вт/м ² К] при толщине воздушной прослойки h , [мм]			
	6	9	12	15
Воздух	2.40	1.98	1.70	1.64
SF ₆	2.02	1.96	1.93	1.89
Ar	1.99	1.61	1.41	1.37
Kr	1.39	1.17	1.15	1.13

Коэффициент теплообмена за счет излучения определяется как

$$K_{из} = q_{из} / \Delta t \quad (4.9)$$

где $q_{из}$ — тепловой поток, проходящий через стеклопакет за счет излучения при разности температур на его поверхностях, равной Δt . При этом величина $q_{из}$ может быть определена как

$$q_{из} = C_0 \epsilon_{пр 1-2} q (T_1/100)^4 - (T_2/100)^4 \quad (4.10)$$

где $C_0 = 5.67 \text{ [Вт / м}^2\text{K}^4\text{]}$ — постоянная Стефана-Больцмана;

T_1 и T_2 — абсолютные температуры обменивающихся теплом поверхностей, [K];

f — коэффициент облученности (безразмерная величина); в данном случае $f = 1$;

$\epsilon_{пр 1-2}$ — (безразмерная величина) приведенная излучательная способность при теплообмене между двумя поверхностями, определяемая как $\epsilon_{пр 1-2} = \epsilon_1 \times \epsilon_2$,

где ϵ_1 и ϵ_2 — соответственно излучательно-поглощательные способности поверхностей 1 и 2 (см. раздел 4.1).

Наибольший интерес с точки зрения практического применения в уравнении (4.10) представляет величина излучательно-поглощательной способности $\epsilon_{пр 1-2}$. Чем меньше $\epsilon_{пр 1-2}$ (а соответственно, и ϵ_1 и ϵ_2), тем меньшее количество тепла уйдет в сторону менее нагретой поверхности, а термическое сопротивление стеклопакета соответственно возрастет.

Для чистого оконного стекла величина излучательной способности составляет $\epsilon = 0.84$. Для большинства металлов изменяется в пределах 0.02–0.04. Идея применения стекол с низкоэмиссионным покрытием, основу которого составляют металлы (см. главу 3), связана с понижением величины ϵ , приводящему к понижению количества тепла, передаваемого за счет радиации. Большинство таких стекол имеют излучательную способность порядка $\epsilon = 0.1 - 0.2$.

Как видно из формулы (4.9), $K_{из}$ зависит от температуры поверхностей, между которыми происходит теплообмен излучением. Однако, для практических инженерных расчетов достаточно определить зависимость величины $K_{из}$ от излучательной способности внутреннего стекла стеклопакета, т.е. величины ϵ_1 , согласно табл. 4.4.

Таблица 4.4

Зависимость величины $K_{из}$ от излучательной способности внутреннего стекла стеклопакета

ϵ_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
$K_{из}$ [Вт/м ² K]	0.50	1.0	1.46	1.90	2.34	2.76	3.17	3.55

На основании табл. 4.4 можно приближенно рассчитать, насколько изменится сопротивление теплопередаче стеклопакета при замене в нем внутреннего обычного стекла, имеющего излучательную способность $\epsilon_1 = 0.84$ на низкоэмиссионное стекло с излучательной способностью $\epsilon_1 = 0.10$.

Если в первом случае теплопотери через остекление за счет излучения составят порядка 70%, то во втором они уменьшатся до 10%, а общее термическое сопротивление стеклопакета возрастет в 2 – 2.5 раза.

По различным данным потери тепла однокамерного стеклопакета, заполненного осушенным воздухом, составляют 70% за счет излучения, 15% за счет теплопроводности и 15% за счет конвекции.

Как показывают данные проведенных исследований, при толщине воздушной прослойки до 8 мм, конвекция воздуха будет затруднена. Характер изменения термического сопротивления стеклопакета R_o в зависимости от толщины воздушной прослойки показан на рис. 4.7. Из графика видно, что при толщине прослойки до 8 мм общее сопротивление стеклопакета увеличивается пропорционально увеличению ее толщины. При этом $K_{кон}$ (формула 4.8) определяется, исходя чисто из условий теплопроводности $K_{кон} = \delta / \lambda_{воз}$, где $\lambda_{воз}$ – коэффициент теплопроводности воздуха.

С увеличением толщины воздушной прослойки конвективный теплообмен в ней становится более интенсивным, а доля передачи тепла за счет теплопроводности уменьшается. При этом увеличение толщины прослойки уже не приводит к росту ее термического сопротивления. Из рис. 4.7. видно, что увеличение толщины воздушной прослойки свыше 8 мм незначительно влияет на изменение теплоизолирующих свойств стеклопакета, а при толщине прослойки более 20 мм R_o почти не изменяется. Следовательно, в *теплотехническом отношении, наиболее выгодно использовать стеклопакеты с воздушной прослойкой 12-20 мм, что соответствует максимально возможному сопротивлению $R_{вп}$.*

Приближенный расчет термического сопротивления стеклопакетов можно производить на основании данных табл. 4.3 и табл. 4.4.

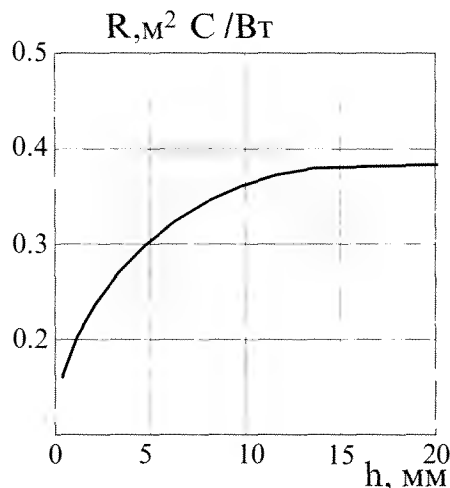


Рис. 4.7. Зависимость сопротивления теплопередаче стеклопакета от толщины воздушной прослойки

ПРИМЕР

Рассчитать термическое сопротивление однокамерного стеклопакета 4F–12 Ag–4K.

По табл. 4.3. принимаем $K_{кон} = 1.41$ [Вт/м²·K] ($h_{вп} = 12$ мм, Ag)

По табл. 4.4. принимаем $K_{из} = 1.0$ [Вт/м²·K] ($\epsilon_i = 0.20$)

По формуле (4.7)

$$R_{вп} = 1 / K_{вп} = 1 / (K_{кон} + K_{из}) = 1 / (1.41 + 1.0) = 0.415$$

По формуле (4.6)

$$R_o = R_v + R_{вп} + R_n = R_{вп} + 0.16 = 0.415 + 0.16 = 0.57 \text{ [м}^2\text{°C/Вт]}$$

В табл. 4.5 приведены данные сертификационных испытаний стеклопакетов, предоставленные АО «Государственный институт стекла». Для удобства использования непосредственно при проектировании систем остекления, в табл. 4.5 приведены также значения коэффициента светопропускания τ .

**Термическое сопротивление и коэффициент светопропускания
стеклопакетов различной конструкции**

Конструкция	$K=1/R$	R	Видимая часть спектра			ИК солнечное излучение		
			τ_v – пропускание	ρ_v – отражение	α_v – поглощение	τ_e – пропускание	ρ_e – отражение	α_e – поглощение
			τ_v	ρ_v	α_v	τ_e	ρ_e	α_e
F4 – 12- F4	2.86	0.35	0.80	0.14	0.06	0.68	0.12	0.21
F4 – 16 - F4	2.74	0.36	0.80	0.14	0.06	0.68	0.12	0.21
F4 – 12Ar – F4	2.68	0.37	0.80	0.14	0.06	0.68	0.12	0.21
F4 – 12Kr – F4	2.56	0.39	0.80	0.14	0.06	0.68	0.12	0.21
F4 – 16 – K4	1.74	0.58	0.75	0.17	0.08	0.60	0.14	0.26
F4 – Ar 16 – K4	1.51	0.66	0.75	0.17	0.08	0.60	0.14	0.26
K4 – 16 – K4	1.54	0.65	0.71	0.19	0.10	0.54	0.15	0.31
K4 – Ar 16 – K4	1.29	0.78	0.71	0.19	0.10	0.54	0.15	0.31
K4 – Kr 16 – K4	1.19	0.84	0.71	0.19	0.10	0.54	0.15	0.31
K4 – SF16 – K4	2.28	0.44	0.71	0.19	0.10	0.54	0.15	0.31
F4-10-F4-10-F4	1.99	0.50	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-12-F4-12-F4	1.90	0.53	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-16-F4-16-F4	1.78	0.56	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-Ar10-F4-Ar10-F4	1.81	0.55	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-Ar16-F4-Ar16-F4	1.66	0.60	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-Kr12-F4-Kr12-F4	1.59	0.63	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-SF12-F4-SF12-F4	1.97	0.51	0.72	0.20	0.09	0.56	0.15	0.29
F4-10-PI-10-F4	1.44	0.70	0.60	0.21	0.19	0.43	0.16	0.40
F4- Ar10-PI- Ar 10-F4	1.20	0.83	0.60	0.21	0.19	0.43	0.16	0.40

ТЕПЛОПТЕРИ ЧЕРЕЗ ОСТЕКЛЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ

Выше были описаны процессы теплообмена, учитываемые в расчетах при проектировании стандартного оконного остекления, расположенного вертикально. При проектировании остекления поверхностей, расположенных горизонтально или под углом к горизонту (мансардные окна, стеклянные крыши зимних садов и т.п.), необходимо учитывать *тепловое излучение стекла в сторону небосвода*, которое может привести к выпадению конденсата на поверхности или образованию наледи (преимущественно в ночное время). Как показывает отечественный опыт эксплуатации современных окон, на вертикально расположенных однокамерных пакетах (даже несмотря на относительно малое термическое сопротивление) практически никогда не образуется наледь. Однако, стоит такой пакет установить в наклонное мансардное окно или в крышу зимнего сада – образование инея становится скорее правилом, чем исключением.

На рис. 4.8. приведены данные экспериментальных измерений теплопотерь в ночное время через стеклопакет, имеющий термическое сопротивление $R_0 = 1.1 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ и установленный под углом 30° к горизонту. Излучательная способность наружного стекла, обращенного в сторону небосвода, $\epsilon = 0.84$.

В случае безоблачного неба наружное стекло теряет тепло излучением непосредственно в тропосферу, температура которой для условий Центральной Европы составляет - 60 °С. Температура облаков, закрывающих тропосферу в облачную погоду, значительно выше, что, как видно из рис. 4.8, снижает теплопотери.

Вместе с тем их величина достаточно значительна (порядка 40 Вт/м²), что не позволяет в данном случае использовать для теплотехнического расчета те же формулы, что и для вертикального остекления.

Как видно из рис. 4.8, при установке стеклопакета в наклонном положении теплопотери в сторону небосвода достаточно велики даже при очень высоком термическом сопротивлении ($R_0 = 1.1 \text{ м}^2 \text{ °С/ Вт}$). С этой точки зрения действенной мерой может служить установка в таком пакете наружного низкоэмиссионного стекла с «жестким» покрытием, обращенным наружу, а не во внутреннюю полость (как это принято в стандартном варианте).

Другим решением может служить применение электроподогреваемых стеклопакетов, в которых металлическое (или полупроводниковое) покрытие стекол работает по принципу электрического сопротивления. При этом электроэнергия частично переходит в тепловую энергию, и стекла пакета нагреваются. Стекла, используемые в электроподогреваемых стеклопакетах, как правило, следует подвергать закалке во избежание их разрушения под действием тепловых нагрузок.

Как показали лабораторные измерения, коэффициент полезного действия мощности, направленной на обогрев стеклопакетов, составляет около 90 %. При этом мощность нагрева определяется, исходя из конкретно решаемой задачи и может быть в пределах 1,50...100 Вт/м².

Кроме наклонного остекления электроподогреваемые стеклопакеты могут быть также использованы и для ряда других целей, таких как:

- предотвращение образования неконтролируемых потоков холодных воздушных масс, вызванных разницей между температурой комнатного воздуха и температурой поверхности внутреннего оконного стекла;
- предотвращение конденсации водяного пара, содержащегося в воздухе, на поверхности холодного стекла;
- использование в качестве дополнительного источника тепла в летних постройках и др.

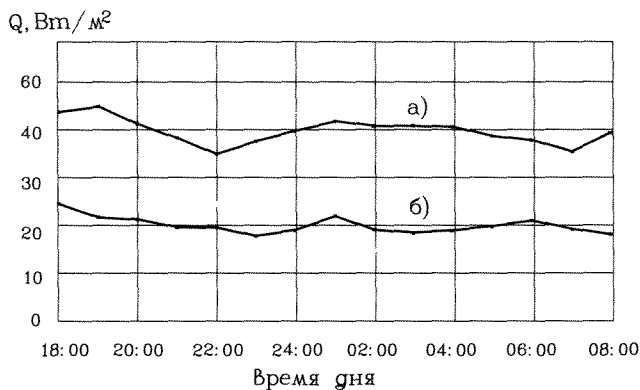


Рис. 4.8. Данные экспериментальных измерений теплопотерь в ночное время через стеклопакет, установленный под углом 30 ° к горизонту. Климатические условия — Центральная Европа:
а) чистое небо, б) облачное небо

4.4. НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОН

Как уже было отмечено в главе 2, светопрозрачные конструкции состоят из светопрозрачного материала и обрамляющих его элементов. При этом характер теплообмена принципиально различен для остекления и элементов коробки и переплетов (рамы и створки).

В зависимости от применяемой оконной системы и заданных геометрических размеров, на непрозрачные участки окна может приходиться до 30% его площади. Вместе с тем, вопросы теплообмена в тонкостенных профилях, из которых собираются все современные окна, за исключением деревянных, на сегодняшний день являются наименее освещенными в доступной для отечественных проектировщиков специальной литературе.

Сегодня мы можем с достаточной основательностью утверждать только то, что однокамерный ПВХ профиль холоднее двухкамерного, двухкамерный, в свою очередь, холоднее трехкамерного и т.д. Иными словами, констатировать очевидный факт того, что увеличение числа воздушных прослоек в конструкции профиля приводит к увеличению его термического сопротивления. Для использования в расчетах, приведем данные по термическому сопротивлению профилей различных систем (табл. 4.6), а также по теплопроводности материалов, из которых они изготовлены (табл. 4.7).

Таблица 4.6
Термическое сопротивление оконных профилей различной конструкции

Система	Термическое сопротивление пакета профилей	Коэффициент теплопередачи Пакета профилей
	$R, \text{ м}^2\text{°C/Вт}$	$U, \text{ Вт/м}^2\text{°C}$
ПВХ		
Пакет профилей (коробка + створка), включая армирование		
2-х камерная система	0.52	1.9
3-х камерная система	0.59	1.7
5-х камерная система	0.71	1.4
АЛЮМИНИЙ		
“теплый” профиль с термовставкой	0.40	2.3
ДЕРЕВО – СОСНА $\lambda = 0.18 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$		
Толщина коробки $d=80\text{мм}$	0.44	2.3
Толщина коробки $d=120\text{мм}$	0.67	1.5
ДЕРЕВО – ДУБ $\lambda = 0.23 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$		
Толщина коробки $d=80\text{мм}$	0.35	2.9
Толщина коробки $d=120\text{мм}$	0.52	1.9

Коэффициенты теплопроводности материалов оконных профилей и усилителей

МАТЕРИАЛ	ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, λ Вт/м °С
Дерево	0.15-0.25
ПВХ	0.25
Стеклопластик	0.30
Алюминий	170 -195
Сталь	45 - 60
Нержавеющая сталь	10 - 20

Следует отметить, что несмотря на ощутимое влияние, которое оконные профили могут оказывать на температурный режим окна и на теплопотери через него, определяющая роль все же сохраняется непосредственно за остекленной частью.

ПРИВЕДЕННОЕ ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Основной нормируемой величиной, отражающей теплозащитные качества светопрозрачной конструкции, является *приведенное термическое сопротивление окна R_0^{np}* .

Приведенное термическое сопротивление окна R_0^{np} определяется в соответствии со СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника».

В соответствии со СНиП II-3-79*, базовой расчетной величиной для определения сопротивления теплопередаче является показатель **градусосутки отопительного периода** – ГСОП, определяемый по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_v - t_{от}) Z_{от} \quad (4.11)$$

где t_v – температура внутреннего воздуха помещения

$t_{от}$ и $Z_{от}$ – средняя температура и продолжительность отопительного периода (периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С по СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика»)

Значение R_0^{np} для помещений гражданских зданий следует принимать в соответствии с табл. 4.8.

Таблица 4.8

Здания и сооружения	Градусосутки Отопительного периода °С x сут	Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей не менее R_0^{np} , m^2 °С. Вт
Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	0.35
	4000	0.45
	6000	0.60
	8000	0.70
	10000	0.75
	12000	0.80

Общественные, кроме	2000	0.30
указанных выше,	4000	0.40
административные и бытовые,	6000	0.50
за исключением помещений с	8000	0.60
влажным или мокрым	10000	0.70
режимом	12000	0.80

Приведенное термическое сопротивление окна $R_0^{пр}$ определяется по формуле

$$R_0^{пр} = \frac{R_0^{ос} \cdot F_{ос} + R_0^{пер} F_{пер}}{F_{ос} + F_{пер}} \quad (4.12)$$

где $F_{ос}$ и $F_{пер}$ – площади остекления и непрозрачной части (рамы и переплета), [м²];
 $R_0^{ос}$ – сопротивление теплопередаче остекления, [м²°C/Вт];
 $R_0^{пер}$ – сопротивление теплопередаче непрозрачной части (рамы и переплета), [м²°C/Вт].

Значения сопротивлений теплопередаче стеклопакетов приведены в табл. 4.5, значения сопротивлений теплопередаче оконных профилей – в табл. 4.6.

ПРИМЕР¹

Окно 1.2 x 1.8 м. Профиль – **Veka Softline AD** – трехкамерный. Стеклопакет – двухкамерный F4 – 12 – F4 – 12 – F4. Район строительства – **г. Москва**.

1. Термическое сопротивление пакета профилей $R_0^{пер} = 0.59 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ (табл. 4.6).

2. Ширина пакета профилей (коробка + створка) – $d = 123.5 \text{ мм}$ (рама 67 мм, створка 82.5 мм – прил. 1).

3. Площадь непрозрачной части:

$$F_{пер} = (0.123 \times 1.8) \times 2 + (0.123 \times ((1.2 - 0.123) \times 2)) = 0.442 + 0.265 = 0.71 \text{ м}^2$$

4. Термическое сопротивление стеклопакета

$$R_0^{ос} = 0.53 \text{ м}^2\text{°C/Вт} \text{ (табл. 4.6).}$$

5. Площадь остекления

$$F_{ос} = (1.8 \times 1.2) - 0.71 = 1.45 \text{ м}^2.$$

6. Для **г. Москва** в соответствии

со СНиП 2.01.01-82:

- продолжительность отопительного периода

$$Z_{от} = 213 \text{ сут};$$

- средняя температура отопительного периода

$$t_{от} = -3.6^\circ\text{C};$$

- ГСОП = $(20 + 3.6) 213 = 5027$

7. Интерполяцией по табл. 4.8 находим

$$R_0^{тр} = 0.55 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

8. Подставляя значения в формулу (4.12),

получаем

$$R_0^{пр} = \frac{0.53 \cdot 1.45 + 0.59 \cdot 0.71}{1.45 + 0.71} = 0.55 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

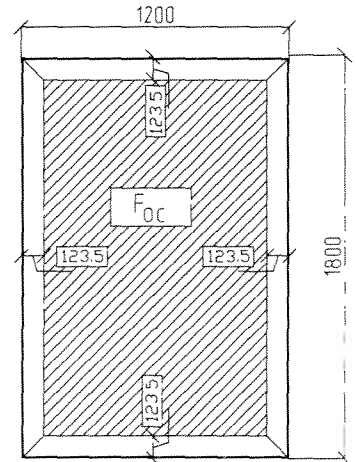


Рис. 4.9. К расчету приведенного термического сопротивления окна

¹ Данные приводятся в соответствии с российским изданием книги – прим. ред.

9. Для наглядности результаты расчета могут быть сведены в таблицу

$F_{\text{пер}}$	$R_0^{\text{пер}}$	$F_{\text{ос}}$	$R_0^{\text{ос}}$	$R_0^{\text{ос}} F_{\text{ос}} + R_0^{\text{пер}} F_{\text{пер}}$	$R_0^{\text{пр}}$
0.71	0.59	1.45	0.53	$0.59 \times 0.71 + 0.53 \times 1.45$	0.55

10. *Вывод.* Окно заданной конструкции на пределе (без запаса по термическому сопротивлению) удовлетворяет нормативным требованиям.

ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ

Помимо определения непосредственно термического сопротивления окон, регламентируемого соответствующими нормативными документами, необходимо прогнозировать *температуру воздуха, при которой будет происходить запотевание окон и выпадение на них конденсата.*

Парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе помещения (абсолютная влажность внутреннего воздуха e в) зависит от температуры внутреннего воздуха t в и относительной его влажности ϕ в как

$$e \text{ в} = E(t) \phi \quad (4.13)$$

Зависимость (4.13) представлена в графическом виде на рис. 4.10.

зависимость максимальной влажности
воздуха от температуры
(кривая для определения точки росы)

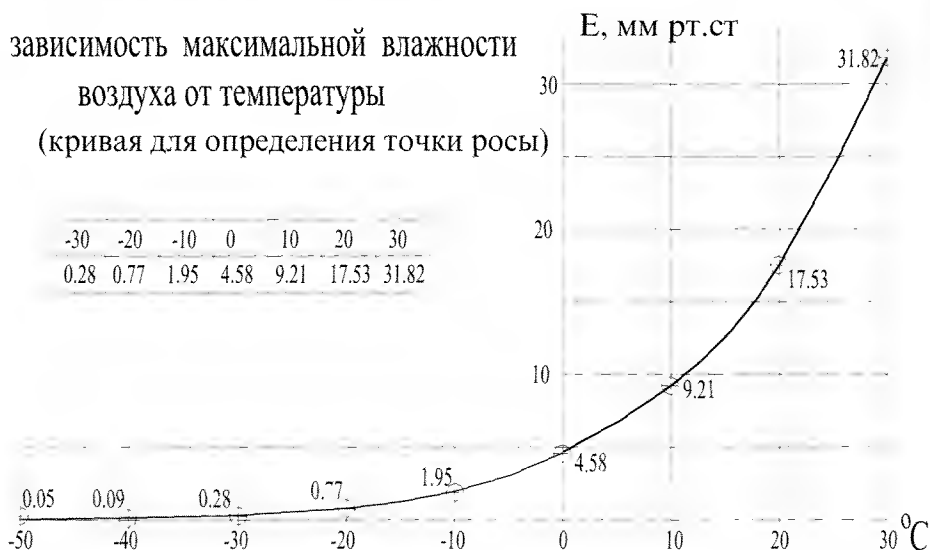


Рис. 4.10. График для определения точки росы

При низкой температуре наружного воздуха, температура на внутренней поверхности остекления ($\tau_{в.п.}$), окажется существенно ниже температуры воздуха внутри помещения (в середине помещения на высоте 1.5 м от пола). В этом случае предельное значение парциального давления водяного пара E , соответствующее температуре $\tau_{в.п.}$, может быть ниже, чем расчетное $eв=f(tв, \phi в)$, что приведет к выпадению «лишнего» водяного пара на холодной внутренней поверхности остекления в виде конденсата или изморози. *Значение температуры, при котором $E=f(\tau_{в.п.})$ и $eв=f(tв, \phi в)$ будут равны, соответствует температуре точки росы.*

ПРИМЕР

Определить вероятность выпадения конденсата на внутренней поверхности однокамерного стеклопакета 4–12–4, установленного в помещении с температурой внутреннего воздуха $tв = 20^\circ \text{C}$ и влажностью внутреннего воздуха $\phi в = 60\%$, при условии что наружная температура падает до значения $tн = -30^\circ \text{C}$.

1. Согласно табл. 4.5 находим:

- коэффициент теплопередачи однокамерного стеклопакета 4-12-4

$$K = 2.86 \text{ Вт/м}^2\text{°C};$$

- соответственно термическое сопротивление

$$R = 1/K = 1/2.86 = 0.35 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

2. Определяем точку росы (температуру выпадения конденсата на внутренней поверхности остекления) при температуре внутреннего воздуха в помещении $tв = 20^\circ \text{C}$ и относительной влажности $\phi в = 60\%$.

В соответствии с рис. 4.10 предельное значение парциального давления водяного пара E при температуре $tв = 20^\circ \text{C}$ равно 17.53 мм.рт.ст. Согласно уравнению (4.13), абсолютная влажность воздуха $e = E(t) \phi = 17.53 \times 0.6 = 10.52$ мм.рт.ст., что соответствует температуре точки росы $t = 12.0^\circ \text{C}$.

3. Определяем температуру на внутренней поверхности стеклопакета $\tau_{в.п.}$ при понижении температуры наружного воздуха до -30°C . Полный температурный перепад в этом случае равен $\delta T = Tв - Tн = 20 + 30 = 50^\circ \text{C}$.

Исходя из того, что падение температуры в толще ограждающей конструкции изнутри помещения наружу пропорционально изменению термического сопротивления, а именно

$$\delta t в = (\delta T / R_o) \times Rв^*, \text{ получаем } \delta t в = (50 / 0.35) \times 0.12 = 17.1^\circ \text{C}$$

* То же, что в формуле 4.4.

Температура на внутренней поверхности стеклопакета будет равна $\tau_{в.п.} = 20 - 17.1 = + 2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, что *существенно ниже температуры точки росы* для данного помещения ($t = 12.0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Таким образом, *температура на внутренней поверхности однокамерного стеклопакета*, установленного в помещении с температурой внутреннего воздуха $t_{в} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажностью внутреннего воздуха $\phi_{в} = 60\%$, при условии падения наружной температуры до значения $t_{н} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$, *будет существенно ниже температуры точки росы, что приведет к выпадению обильного конденсата и образованию наледи на стекле изнутри помещения.*

Приведенные выше рассуждения отражают характер физических процессов, имеющих место в остеклении, однако не удобны для применения в практических задачах. В большинстве случаев при установке стеклопакетов с заведомо заниженным термическим сопротивлением (с целью сокращения единовременных затрат на окна), возникает проблема прогнозирования тех периодов на протяжении холодного сезона, когда внутри помещения будет выпадать конденсат.

Такой режим может быть приемлем для некоторых промышленных предприятий, автостоянок, торговых комплексов и т.п., иными словами, для помещений не предназначенных для постоянного пребывания людей.

Для приближенной оценки в задачах такого рода могут быть использованы диаграммы, разработанные концерном Veka (рис. 4.11).

ПРИМЕР

Определить температуру точки росы для помещения со следующими параметрами внутреннего микроклимата:

$$t_{в} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}, \phi_{в} = 60\%.$$

В помещении установлен однокамерный стеклопакет 4—12—4 с коэффициентом теплопередачи $K = 2.6\text{ Вт/м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (или термическим сопротивлением $R = 1/K = 1/2.6 = 0.38\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$).

На верхней диаграмме линию «относительная влажность воздуха» 60% проводят горизонтально до пересечения с кривой $K=2.6$. От этой точки опускают перпендикуляр до пересечения с горизонтальной линией «температура помещения $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ » на нижней диаграмме.

После этого проводят линию, параллельно кривым направо вниз до пересечения с осью «наружная температура».

Получаем, что точка росы (выпадение конденсата на внутренней поверхности остекления) происходит при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

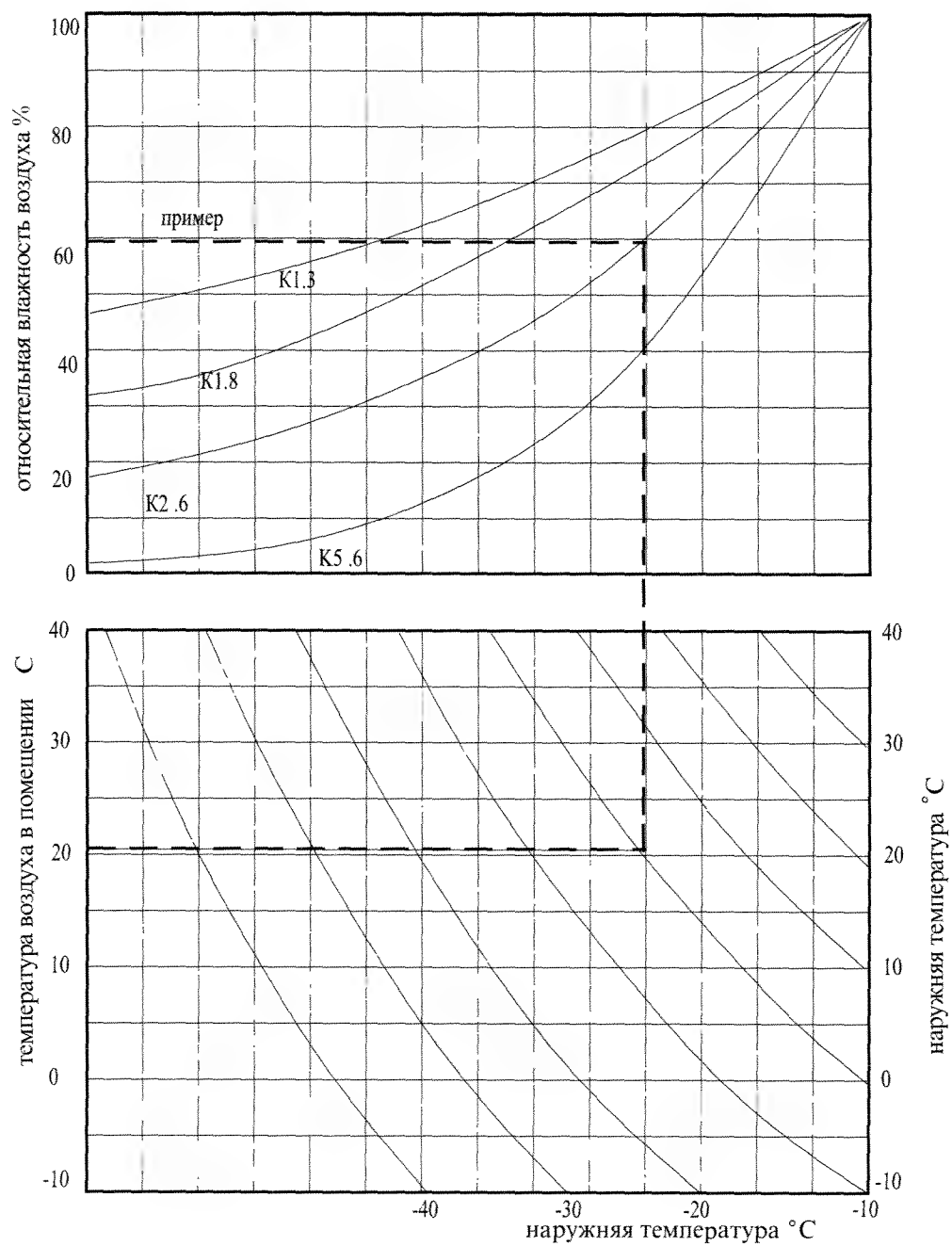


Рис. 4.11. Диаграммы для определения точки росы

ГЛАВА 5.

ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКОН. НОРМИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Проблема повышения звукоизоляции светопрозрачных конструкций, практически полностью определяющих акустический климат помещения, на протяжении многих лет является одной из наиболее актуальных при проектировании гражданских зданий. Результаты многочисленных исследований, проведенных в этом направлении как отечественными, так и зарубежными специалистами, говорят о том, что борьба с проникновением шума в помещения через конструкции окон является комплексной задачей — градостроительной, архитектурно-планировочной, конструктивной.

Постановка задачи обеспечения комфортных акустических условий с точки зрения проектирования светопрозрачных конструкций осложняется прежде всего тем, что окна в украинских зданиях являются единственным источником притока свежего воздуха для обеспечения требуемых условий естественного воздухообмена. Таким образом, возникает необходимость увязки воедино требований, противоречащих друг другу с точки зрения физики, в результате чего необходимо рассматривать два принципиально разных режима работы окна: 1) окно, находящееся в закрытом положении; 2) окно, открытое в режиме вентиляции. При этом следует отметить, что даже глухое, хорошо загерметизированное окно не в состоянии обеспечить идеальной защиты от транспортного шума, адекватной непрозрачным наружным стенам.

В Советском Союзе решение этой непростой задачи развивалось по пути проектирования так называемых «шумозащитных» или «шумозащищенных» зданий. По способам защиты от шума эти здания подразделялись на два типа.

1. Дома со специальной архитектурно-планировочной структурой и объемно-пространственным решением, в которых были реализованы такие принципы, как:
 - расположение комнат общего пользования со стороны источника шума - транспортной магистрали, и, соответственно спален — со стороны двора;
 - включение в состав жилого дома дополнительных подсобных помещений группового пользования для создания гибкой планировочной структуры.
2. Дома, окна и балконные двери которых имеют повышенную звукоизолирующую способность и снабжены специальными вентиляционными устройствами, совмещенными с глушителями шума.

Кроме того, разрабатывались также варианты, в которых были реализованы комбинированные решения. Таким образом, тенденция к проектированию шумозащитных домов отражала комплексный подход к решению градостроительных и строительно-акустических задач, направленных на формирование благоприятного акустического климата в зданиях.

В настоящей книге нас будут прежде всего интересовать вопросы, связанные с конструктивными решениями окон, позволяющими получить максимально высокие характеристики с точки зрения звукоизоляции.

**Стандартизованные октавные полосы частот, среднегеометрические частоты
октавных полос, значения кривой коррекции А**

Номер октавы	1	2	3	4	5	6	7
Частоты	Низкие			Средние			Высокие
Октавные полосы частот, f_1 - f_2 , Гц	45-90	90-180	180-355	355-710	710-1400	1400-2800	2800-5600
Среднегеометрическая частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000
Относительная частотная характеристика кривой коррекции А, дБ	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	+1.2	+1.0

ШУМОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ. НОРМИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПОМЕЩЕНИЯМ

Шум большинства городских источников включает звуки почти всех полос частот слухового диапазона, но отличается разным распределением уровней звукового давления по частотам и неодинаковым изменением их по времени. Таким образом, шум окружающей человека среды образуется в результате сложного суммирования шумов многих источников, причем распределение разных видов шума способно изменяться от одного момента времени к другому.

Для оценки городских шумов применяются осредненные величины, измеряемые в течение установленных базисных интервалов времени, отличающихся принципиально по уровню шумовой нагрузки. Согласно международным и национальным стандартам, в отношении деятельности людей к базисным интервалам относят периоды дневного и ночного времени суток.

В качестве основной величины для оценки шумового режима в местах отдыха, проживания и работы населения установлена осредненная величина — *эквивалентный уровень звука* $L_{\text{ЭКВТ}}$, измеряемый в дБА и определяемый как

$$L_{\text{ЭКВТ}} = 10 \lg \left[\frac{1}{(t_1 - t_2)} \int_{t_1}^{t_2} (P_{\text{A}(t)}^2 / P_0^2) dt \right], \quad (5.2)$$

где $L_{\text{ЭКВТ}}$, [дБА] — эквивалентный уровень звука, полученный для интервала времени T , начинающегося в t_1 и заканчивающегося в t_2 . Согласно различным нормам, необходимо различать так называемые *базисные интервалы* для дневного и ночного времени суток (день — с $t_1 = 7$ ч до $t_2 = 23$ ч и ночь — с $t_1 = 23$ ч до $t_2 = 7$ ч), в течение которых шумовая нагрузка резко отличается по интенсивности. Однако на практике учет снижения шумовой нагрузки в ночное время представляется трудным с точки зрения оценки и реализации в проектных решениях, поэтому в акустических расчетах, как правило, рассматривается максимальная шумовая нагрузка днем.

P_0 – пороговое значение звукового давления, $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па; $P_{A(t)}$ – значение звукового давления в момент времени, скорректированное в соответствии с кривой коррекции шумового сигнала A, [Па].

В большинстве случаев (за исключением зданий, построенных вблизи железнодорожных магистралей и аэропортов), в качестве основной шумовой нагрузки на окна рассматривается шум, создаваемый транспортным потоком. Для его количественной оценки в расчетах институтами МНИИТЭП и НИИСФ [7] предложен **эталонный спектр транспортного шума** (табл. 5.3), на основании которого приняты расчетные характеристики, заложенные в СНиП II-12-77 «Защита от шума», приведенные в табл. 5.4.

Таблица 5.3

Эталонный спектр транспортного шума (для $L_{Aэкв} = 75$ дБа)

Среднегеометрическая октавная частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Уровень звукового давления L , [дБ]	82	77	73	68	65	59
Уровень звукового давления L_A , [дБА]	66	68	70	68	66	60

Таблица 5.4

Расчетные шумовые характеристики транспортных потоков на улицах городов и дорогах для условий движения транспорта в час «пик» (согласно табл. 27 СНиП II-12-77)

N п /п	Категория улиц и дорог	Число полос движения проезжей части в обоих направлениях	Шумовая характеристика транспортного потока $L_{Aэкв}$, [дБА]
1	Скоростные дороги	6 8	86 87
2	Магистральные улицы и дороги общегородского значения: - непрерывного движения; - регулируемого движения;	6 8 4 6	84 85 81 82
3	Магистральные улицы и дороги районного значения	4 6	81 82
4	Дороги грузового движения	2 4	79 81
5	Улицы и дороги местного значения: - жилые улицы; - дороги промышленных и коммунально-складских районов	2 4 2	73 75 79

Допустимый уровень звукового давления (уровень звука) является величиной, нормируемой санитарными требованиями, в зависимости от назначения помещения (табл. 5.5).

**Допустимые эквивалентные уровни звукового давления
(согласно табл.1 СНиП II-12-77* «Защита от шума»)**

№ п/п	Назначение помещения	Допустимый эквивалентный уровень звука $L_{\text{Аэкв}}$, [дБА]
1	Палаты больниц и санаториев, операционные больниц	25
2	Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха и пансионатов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	30
3	Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории, залы заседаний и совещаний	40
4	Офисные помещения	50
5	Залы кафе, ресторанов, столовых	55
6	Торговые залы, вокзалы, предприятия бытового обслуживания	60

Правильно запроектированные светопрозрачные ограждающие конструкции обеспечивают снижение уровня звука уличного шума $L_{\text{Аэкв ул}}$ до эквивалентного уровня звука, допустимого для данного помещения $L_{\text{Аэкв пом}}$. Величина $\Delta L_{\text{Аэкв}} = L_{\text{Аэкв ул}} - L_{\text{Аэкв пом}}$ определяет значение звукоизоляции конструкции остекления от воздушного шума R . При проектировании окон принято также учитывать звукопоглощение – преобразование энергии звука, проникающего в помещение, в тепловую энергию – конструкциями стен, перекрытий, а также отдельных поглотителей – мебели, ковров и т.п.

Звукоизоляция внешнего шума конструкцией окна может быть определена по формуле

$$R_A = L_{\text{Аэкв ул}} - L_{\text{Аэкв пом}} + 10 \lg (S/A), \quad (5.3)$$

где $L_{\text{Аэкв ул}}$ – для транспортного потока принимается в соответствии с табл. 5.5;

R_A – индекс звукоизоляции остекления в дБА;

S – площадь окна (всех окон в данном помещении, ориентированных на источник шума), м^2 ;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении (средняя в диапазоне 125-1000 Гц), м^2 . Определяется как сумма произведений коэффициентов звукопоглощения отдельных поверхностей на их площади. В акустических расчетах оконных конструкций принимается равной 0,4 ... 0,8.

Формула (5.3) показывает значение звукоизоляции остекления в реальных городских условиях, выраженное в дБА. В рекламных проспектах фирм, как правило, также приводится значение индекса звукоизоляции R_w , выраженное в дБ, полученное при испытаниях в лаборатории под воздействием постоянного шума, оказывающего такое же воздействие на человека, как и непостоянный городской шум. Величина R_w не учитывает специфику воздействия транспортного шума и определяется, исходя чисто из разницы уровней звукового давления без учета звукопоглощения в конкрет-

ном помещении. При этом в большинстве практических случаев величины R_A и R_w могут быть определены из зависимости [7]:

$$R_A \approx 0.6 R_w + 6 \quad (5.4)$$

5.2. ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТЕКЛЕНИЯ

Осредненные величины индексов звукоизоляции, приводимые в большинстве источников по окнам, далеко не всегда отражают действительные звукозащитные качества остекления. *Для объективной оценки необходимо представление о работе как отдельных стекол, так и конструкции в целом в различных частотных диапазонах.*

По своей природе основная доля шумовых воздействий на окна приходится на так называемый *воздушный шум*, возникающий при излучении звука в воздушное пространство. Излучаемый звук достигает какого-либо ограждения и вызывает его колебания. Колеблющееся ограждение, в свою очередь, излучает звук в смежное помещение, и таким образом воздушный шум достигает воспринимающего его человека.

Каждое отдельное стекло, подвергающееся воздействию падающих звуковых волн, следует рассматривать как тонкую пластину, получающую под внешним воздействием деформации изгиба. На рис. 5.1 показаны частотные характеристики изоляции воздушного шума одиночными стеклами различной толщины, рассчитанные по программе **ZVUK1**, разработанной на кафедре Архитектуры МГСУ. В основу алгоритма программы положена методика СНиП II-12-77 «Защита от шума». Построение расчетной кривой осуществляется, исходя из экспериментально установленной зависимости, определяющей наличие двух частотных диапазонов звукоизоляции, разделенных *граничной частотой $f_{гр}$* . На этой частоте скорость изгибных волн в конструкции совпадает со скоростью звука в воздухе. На частотах выше граничной *длина изгибной волны $\lambda_{и}$* будет равна *следующей длине волны λ* падающего звука. Это явление получило название *волновое совпадение* или *пространственно-частотный резонанс*. При волновом совпадении распределение давления на поверхности конструкции точно соответствует распределению амплитуд ее собственных колебаний, что приводит к резкому увеличению интенсивности изгибных колебаний и, соответственно, к резкому снижению звукоизоляции.

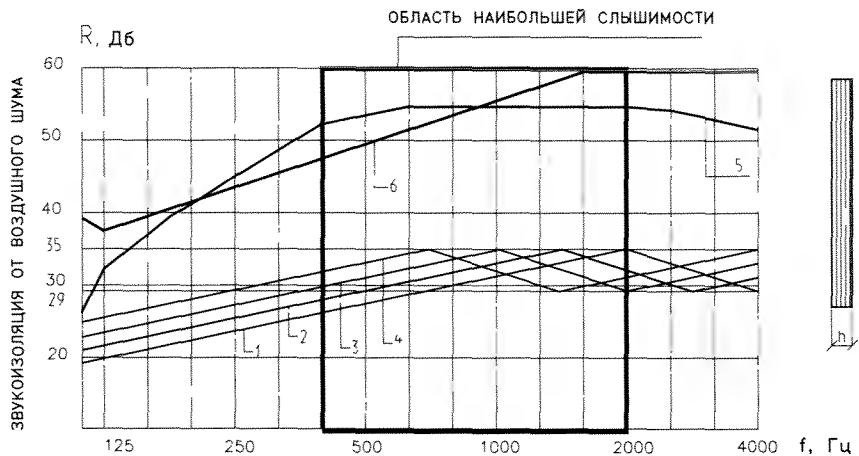


Рис. 5.1. Частотные характеристики изоляции воздушного шума одиночными стеклами, различной толщины h : 1 – $h=3$ мм, $m=7.5$ кг/м²; 2 – $h=4$ мм, $m=10$ кг/м²; 3 – $h=6$ мм, $m=15$ кг/м²; 4 – $h=8$ мм, $m=20$ кг/м², 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума, 6 – кирпичная кладка $\rho = 1900$ кг/м³, $h = 250$ мм, $m = 475$ кг/м²

При этом на участках до граничной частоты и после нее, звукоизоляция изменяется в соответствии с законом массы, который может быть записан в виде:

для частот $f < f_{гр}$ как

$$R_i = 20 \lg m f_i - 42 - 6 \quad (5.5)$$

для частот $f > f_{гр}$ как

$$R_i = 20 \lg m f_i - 42 - 16 \quad (5.6)$$

где R_i – звукоизоляция конструкции на i -ой частоте, [дБ];

f_i – частота, [Гц];

$m = \rho / h$ – поверхностная плотность (масса единицы площади конструкции), [кг/м²];

ρ – объемный вес материала конструкции, [кг/м³], для стекла $\rho = 2500$ кг/м³;

h – толщина конструкции, [м].

Все отклонения вниз от нормативной кривой следует рассматривать как несоответствие конструкции предъявляемым требованиям в данной точке частотного диапазона. При этом в соответствии с табл. 5.1 ощутимой величиной следует считать отрицательное отклонение свыше 10 – 15 дБ.

Точка, соответствующая граничной частоте, является критической. Достижение необходимого значения звукоизоляции на этой частоте представляется достаточно трудным без дополнительных затрат на конструкцию. Поэтому основной целью акустического проектирования ограждающих конструкций является сглаживание резких падений звукоизоляции, вызванных волновым совпадением, или максимально возможное выведение граничной частоты за пределы слухового диапазона.

У тонких стекол (рис. 5.1) **фр** приходится на область высоких частот. При этом нетрудно заметить, что *никакое разумное увеличение массы (увеличение толщины) стекла не сможет приблизить его звукоизоляционные характеристики к непрозрачным участкам стен* (для сравнения приведена кривая б). В этом случае скорее возможен обратный результат — смещение граничной частоты в наиболее слышимые средние частоты с небольшим выигрышем за счет некоторого прироста звукоизоляции на менее значимых низких.

Дополнительный прирост звукоизоляции остекления можно получить за счет установки двух (и более) стекол, разделенных воздушным промежутком. В строительной акустике такие конструкции принято представлять как *систему двух масс с упругими поперечными связями* (рис. 5.2).

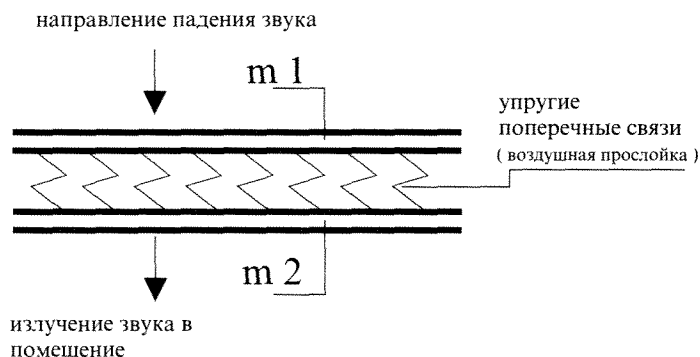


Рис. 5.2. Прохождение звука через конструкцию остекления

Передача звука через такую конструкцию осуществляется следующим образом. Звуковые волны, падающие на наружное стекло с поверхностной плотностью m_1 , вызывают в нем изгибные колебания. Находящийся в прослойке воздух выполняет роль амортизатора, в котором эти колебания затухают. Таким образом, на внутреннее стекло с поверхностной плотностью m_2 , приходит уже ослабленное звуковое воздействие, которое, в свою очередь, возбуждает изгибные колебания в этом стекле. Колеблющееся внутреннее стекло излучает звук в помещение.

Таким образом, если сравнить две конструкции — однослойную с массой 1 м^2 $m = m_1 + m_2$ и двухслойную $m_1 + \text{воздух} + m_2$, в последней, по сравнению с первой, будет наблюдаться дополнительная звукоизоляция ΔR , получаемая за счет упругой работы воздуха в прослойке.

При этом суммарная звукоизоляция двойного ограждения R_2 будет определяться по формуле

$$R_2 = R_1 + \Delta R, \quad (5.7)$$

где R_1 — изоляция одного слоя (наиболее массивного) с учетом волнового совпадения, [дБ];

ΔR — дополнительная изоляция, рассчитываемая по схеме колебательной системы «масса — упругость — масса», [дБ], определяемая как

$$\Delta R = 20 \lg \{1 - (f/f_0)^2\}, \quad (5.8)$$

где f — текущая звуковая частота, [Гц]

f_0 — частота собственных колебаний системы «масса — упругость — масса», [Гц].

При заполнении промежутка между массивными слоями воздухом частота f_0 определяется по формуле

$$f_0 = 60 \sqrt{(m_1 + m_2) / a m_1 m_2}, \quad (5.9)$$

где a — толщина воздушного промежутка, [м].

Теоретически и экспериментально установлено, что система двух масс с упругими поперечными связями обладает рядом резонансов. На рис. 5.3 принципиально показана частотная характеристика двойного остекления. Характерным для этой кривой является наличие нескольких частотных диапазонов, определяющих звукоизоляцию конструкции.

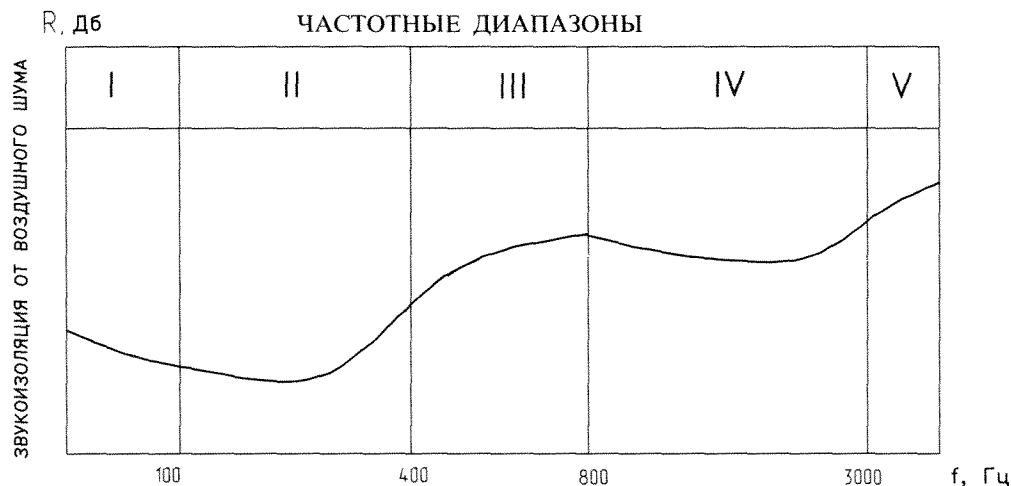


Рис. 5.3. Принципиальная частотная характеристика изоляции воздушного шума двойным остеклением. Характерные частотные диапазоны

На участке **I** в диапазоне частот до 100 Гц двойная конструкция, согласно теоретическим положениям, ведет себя как акустически однородная конструкция, имеющая массу 1 м^2 , равную суммарной массе 1 м^2 двух стекол двойной конструкции ($m = m_1 + m_2$).

Первый резонанс (участок **II**) имеет место при совпадении частоты падающих звуковых волн f с собственной частотой колебания остекления f_0 . На этой частоте стекла начинают совершать ритмические, усиливающие друг друга колебания, повышая тем самым прохождение звука через стекло. Значение дополнительной изоляции ΔR в формуле (2.4.8) в этот момент становится близким к нулю, а изоляция остекления, согласно (2.4.7), определяется изоляцией одного, наиболее массивного стекла. Как правило, резонансная частота конструкции с двумя стеклами лежит в диапазоне частот от 100 до 400 Гц. Этот диапазон будем называть *резонансным*.

На участке **III** в диапазоне частот от 400 до 800 Гц наблюдается увеличение звукоизоляции в соответствии с «законом массы», т.е. изоляция растет пропорционально увеличению массы стекол.

На участке **IV**, называемом *диапазоном совпадения*, от 800 до 3000 Гц звукоизоляции конструкции ухудшается за счет возникновения волнового совпадения в каждом из стекол.

На участке **V** в диапазоне частот выше 3000 Гц наблюдается последовательный прирост изоляции, однако этот участок, близкий к границе нормируемого диапазона, практически не представляет интереса для проектировщиков.

Масса каждого из стекол (m_1 и m_2), упругость воздушной прослойки, зависящая от ее толщины a , и отношение частоты воздействующего звука к собственной частоте колебаний конструкции f/f_0 являются факторами, определяющими передачу звуковой энергии через конструкцию двойного остекления.

Приведем частотные характеристики для некоторых видов остекления, рассчитанные по методике СНиП II-12-77.

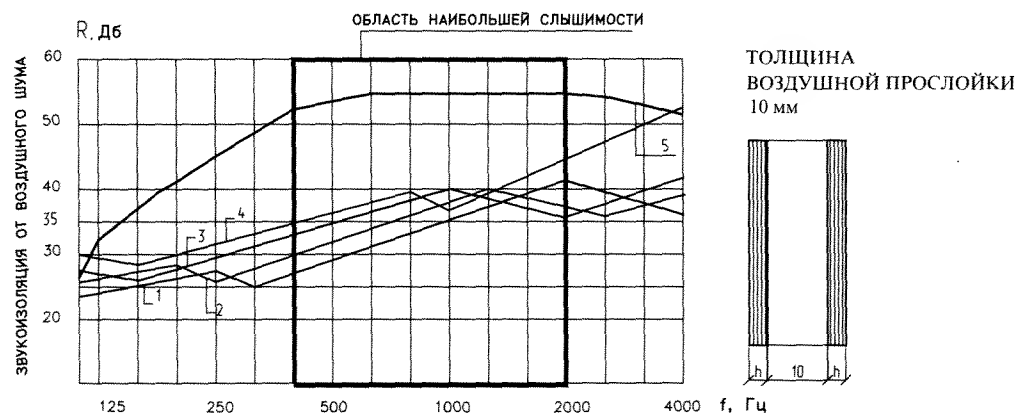


Рис. 5.4.а. Частотные характеристики изоляции воздушного шума двойным остеклением с одинаковыми стеклами, толщиной h . Толщина воздушного промежутка $d=10$ мм; 1 — $h=3$ мм; 2 — $h=4$ мм; 3 — $h=6$ мм; 4 — $h=8$ мм; 5 — нормативная кривая изоляции воздушного шума

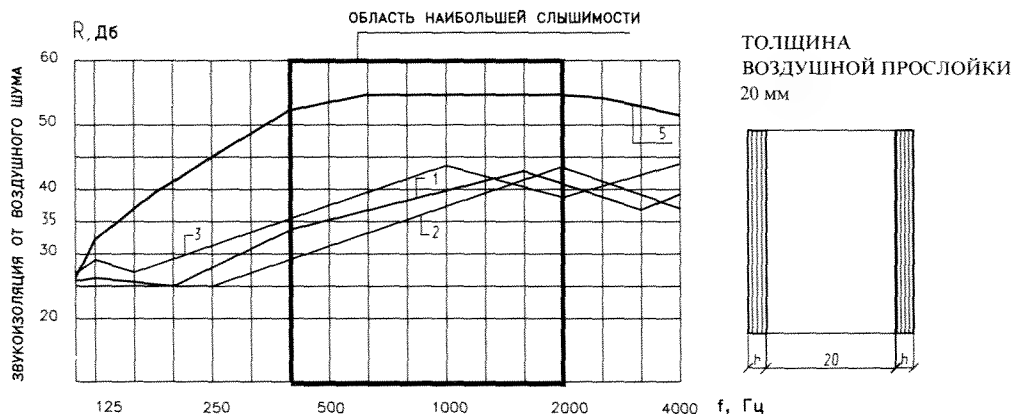


Рис. 5.4. б. Частотные характеристики изоляции воздушного шума двойным остеклением с одинаковыми стеклами, толщиной h . Толщина воздушного промежутка $d=20$ мм: 1 – $h=3$ мм; 2 – $h=4$ мм; 3 – $h=6$ мм; 4 – $h=8$ мм; 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума

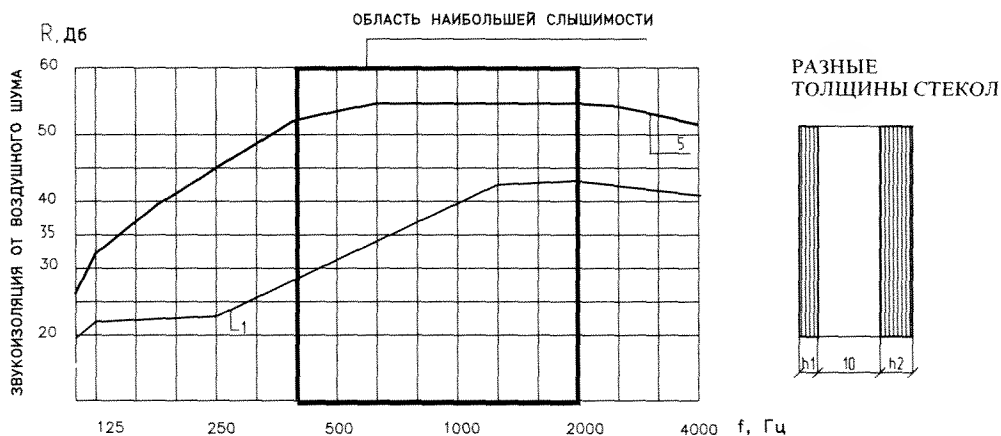


Рис. 5.5. Частотная характеристика изоляции воздушного шума двойным остеклением со стеклами, различной толщины h_1 и h_2 . Толщина воздушного промежутка $d=10$ мм: 1 – $h_1=4$ мм ($m=10$ кг/м²), $h_2=6$ мм ($m=15$ кг/м²); 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума

Анализируя совместно рис. 5.4. и рис. 5.5, можно проследить зависимость влияния различных факторов на звукоизоляцию остекления. При одинаковой толщине стекол, а следовательно, и при одинаковой поверхностной плотности, частоты волнового совпадения для обоих стекол совпадают, т.е. $f_{rp1} = f_{rp2}$. При этом преимущества, получаемые за счет увеличения массы стекол, в значительной степени теряются из-за смещения f_{rp} в сторону средних частот.

Увеличение толщины воздушной прослойки приводит к смещению частоты f_0 в сторону низких частот, давая общую тенденцию к повышению звукоизоляции на средних, однако не решает проблем, связанных с волновым совпадением.

Оптимальными характеристиками обладает система со стеклами различной толщины (рис. 5.5.). В этом случае частоты **f_{гр1}** и **f_{гр2}** не совпадают, частотная характеристика сглаживается и не имеет провалов.

ИНДЕКС ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА

Частотная характеристика остекления наиболее полно позволяет судить о его звукозащитных качествах, однако практически никогда не приводится производителями окон и стеклопакетов в сопроводительной технической документации. Как уже отмечалось, для приближенной оценки звукоизоляции может быть использована величина *индекса изоляции воздушного шума **R_w*** (в большинстве отечественных источников **I_в**).

Индекс изоляции воздушного шума определяют для конструкции с известной частотной характеристикой (построенной на основании расчетов или экспериментальных данных). При этом для его вычисления применяется формула (5.10).

$$I_v = 50 \pm \Delta v, [\text{дБ}], \quad (5.10)$$

где **Δв** – поправка, определяемая по сумме неблагоприятных отклонений частотной характеристики вниз от нормативной кривой.

Приведем в табличном виде соотношение индекса звукоизоляции **R_w** (а также индекса **R_a**, приближенно рассчитанного по формуле (5.4)), с реальными звукоизоляционными качествами остекления, для конструкций, частотные характеристики которых были рассмотрены в предыдущем разделе.

Таблица 5.6

Индексы изоляции воздушного шума остеклением

№ п/п	Конструкция остекления	Индекс изоляции R_w , [дБ]	Индекс изоляции R_a , [дБА]
Одинарные стекла			
1	3 мм	24	20.4
2	4 мм	26	21.6
3	6 мм	28	22.8
4	8 мм	30	24
Двойное остекление (стеклопакеты)			
5	3-10-3	30.5	24.3
6	4-10-4	33	25.8
7	6-10-6	34.5	26.7
8	3-20-3	33	25.8
9	4-20-4	34	26.4
10	6-20-6	36	27.6
11	4-10-6	36	27.6

Методика расчета индекса звукоизоляции одинакова для всех конструкций и подробно изложена во многих литературных источниках. Следует, однако, отметить, что индекс изоляции является величиной, определяемой чисто арифметическими вычислениями, и не дает возможности судить о каких-либо физических закономерностях.

5.3. ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ОКОННЫХ БЛОКОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ

Выше были рассмотрены теоретические положения применительно к заполнению оконных блоков, т.е. непосредственно к светопрозрачной части — остеклению. С незначительной погрешностью можно говорить о том, что все описанные выше закономерности применимы и к неоткрывающимся глухим окнам, не имеющим неплотностей.

На работу открывающегося окна в значительной степени оказывают влияние такие факторы как тип оконного уплотнения и, соответственно — его прижим, обеспечиваемый системой фурнитуры. На рис. 5.6 для сравнения приведены расчетная частотная характеристика для одинарного стекла, толщиной 6 мм и характеристика того же стекла, но установленного в раздвижной системе «холодного остекления», полученная экспериментальным путем.



Рис. 5.6. Частотные характеристики изоляции воздушного шума одинарным стеклом, толщиной $h = 6$ мм: 1 — расчетная без учета характера закрепления, $R_w = 28$ Дб; 2 — экспериментальная при установке в параллельно-раздвижном окне размером 1228 x 1476 мм; размер подвижной створки 610 x 1418 мм, $R_w = 27$ Дб.

На рис. 5.7 показаны частотные характеристики, полученные экспериментальным путем для окон из ПВХ двух типов: а) полностью открывающееся поворотно-откидное окно и б) раздвижное окно того же размера. В обоих окнах установлен однокамерный стеклопакет 4—12—4.

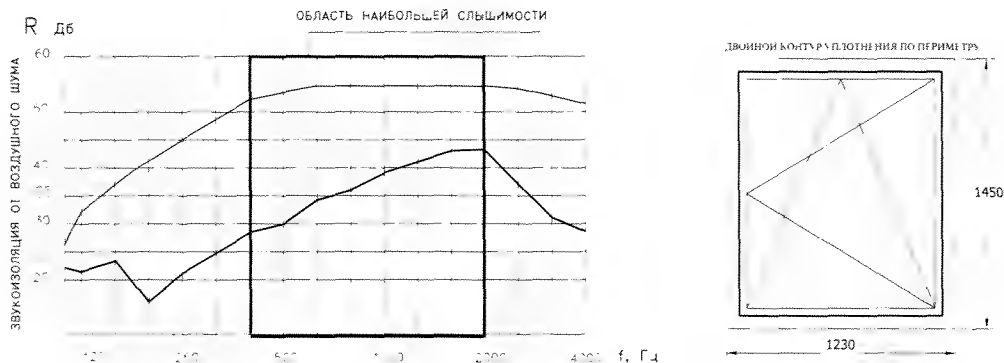


Рис. 5.7.а) Частотные характеристики изоляции воздушного шума полностью открывающимся поворотнo-откидным ПВХ-окном, размером 1226 x 1447 мм с двумя контурами резинового уплотнения по всему периметру – $R_w = 33$ Дб.



Рис. 5.7.б) Частотные характеристики изоляции воздушного шума параллельно-раздвижным ПВХ-окном, размером 1228 x 1476 мм; размер подвижной створки 610 x 1418 мм – два контура резинового уплотнения по периметру глухой и подвижной створок; щеточное уплотнение между глухой и подвижной створками – $R_w = 28$ Дб.

Из рис. 5.6 хорошо видно, что теоретические расчеты светопрозрачных конструкций, основанные исключительно на рассмотрении работы заполнения, не могут с достаточной точностью характеризовать звукоизоляционные качества оконного блока в целом.

А данные, приведенные на рис. 5.7, говорят о том, что *заполнение одного и того же проема окнами, имеющими различное открывание, может дать очень большую разницу в звукоизоляции* (6 Дб в индексе R_w). Из рисунка видно, что щеточное воздухопроницаемое уплотнение, устанавливаемое в раздвижных окнах между подвижной и глухой частями, резко ухудшает работу оконного блока на наиболее слышимых средних частотах, за счет чего происходит значительное падение его звукоизоляционных качеств по сравнению с поворотнo-откидным окном.

Как показывают данные экспериментальных исследований, окна с двухкамерным стеклопакетом не имеют практически никаких преимуществ с точки зрения звукоизоляции перед однокамерным. Поскольку в двухкамерном стеклопакете среднее стекло, как правило, размещено посередине между крайними стеклами, это стекло не только не дает роста звукоизоляции, но и может даже снизить ее, поскольку в такой системе происходит повышение резонансной частоты f_0 (формула (5.9)) по сравнению с однокамерным стеклопакетом, до значений, максимально приближенных к области наилучшей слышимости. Так, однокамерный стеклопакет 4-12-4 имеет резонансную частоту 250 Гц, а двухкамерный 4-12-4-12-4 – 300 Гц. При этом индекс изоляции R_a двухкамерного стеклопакета 4-12-4-12-4 составляет всего лишь 28 Дб.

Значительно более высокие результаты по окнам, имеющим три стекла, можно получить путем установки дополнительной створки с одинарным стеклом. Такое решение применяется большинством производителей деревянных окон в Финляндии, а также реализовано отдельными производителями профильных систем из ПВХ. В таком окне за счет разницы воздушных промежутков между стеклами можно получить оптимальную точку для частоты f_0 , что может дать значения индекса изоляции R_a порядка 33 ... 34 дБА. Конструкция такого окна показана на рис. 5.8 а.

Это значение может быть повышено до 39 дБА при условии увеличения воздушного промежутка между створками, однако при этом окно будет уже очень дорогим (рис. 5.8 б).

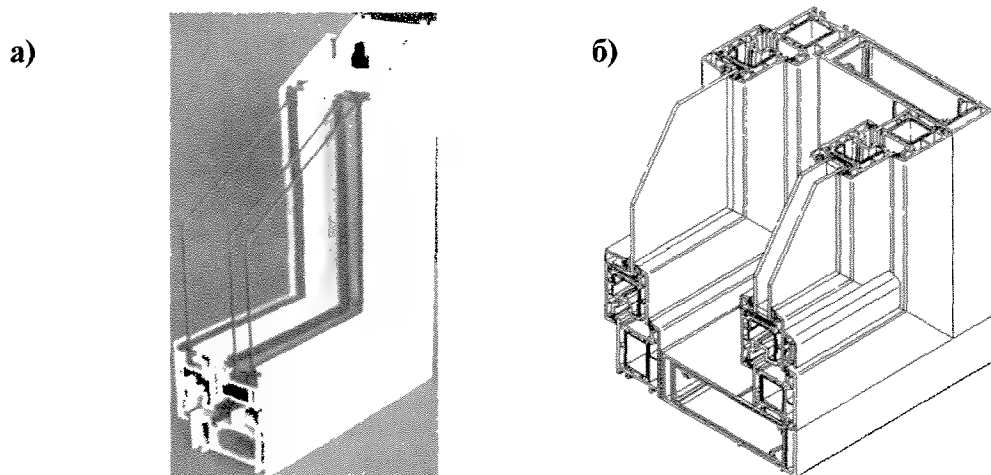


Рис. 5.8. Окно конструкции «2 + 1» со стеклопакетом и одинарным стеклом. Система VEKA Softline AD; а) – спаренное остекление, б) – раздельное остекление (расстояние между створками 100 мм)

Среди факторов, оказывающих некоторое малосущественное влияние на повышение звукоизоляции окон, можно отметить такие, как условия закрепления стекол, использование ламинированных стекол, конструкция оконного профиля, а также заполнение внутренних камер стеклопакетов газами, скорость распространения звуковых волн в которых отлична от воздуха (как правило – гексафторидом серы

SF₆). Рациональное применение каждого из указанных мероприятий может дать повышение индекса звукоизоляции приблизительно на 1 ... 1,5 дБА.

Таким образом, в настоящем разделе были принципиально перечислены практически все конструктивные решения окон, которые могут быть реализованы с точки зрения повышения их шумозащитных качеств при нахождении в положении «закрыто». При этом *приведенные значения звукоизоляционных характеристик говорят о том, что предельное значение индекса звукоизоляции как стеклопакетов, так и оконных блоков в целом колеблется в пределах 33 ... 34 дБ, что несопоставимо по величине с непрозрачными участками наружных стен (порядка 50 дБ). Основной причиной этого является плохая работа с точки зрения звукоизоляции как одиночных стекол, так и образуемых из них стеклопакетов, на низких частотах.* Это нетрудно заметить, еще раз внимательно просмотрев все частотные характеристики, приведенные в настоящем разделе.

Вместе с тем, транспортный шум, представляющий основную нагрузку на окна, по своей природе является низкочастотным. Как показывает практика акустического проектирования, низкие частоты хорошо изолируются только тяжелыми, массивными конструкциями, имеющими высокую поверхностную плотность и хорошо работающими по закону массы. В пределах разумного, с точки зрения оконных технологий — задача малореальная. Поэтому повышение звукоизоляции окон свыше 36 ... 39 дБ может быть достигнуто только за счет применения массивных экранов (ставен, жалюзей, рольставен) или специальных архитектурно-планировочных мероприятий.

5.4. АКУСТИЧЕСКАЯ РАБОТА ОКОН, ОТКРЫТЫХ В РЕЖИМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ

При рассмотрении акустической работы окон, открытых в режиме вентиляции, необходимо принимать во внимание следующее.

По результатам натурных измерений, звукоизоляция окна в открытом положении (в зависимости от площади открытого элемента) составляет от 8 до 14 дБА — в среднем 10 дБА. Таким образом, можно говорить о том, что *при открывании окна в режиме вентиляции, его звукоизоляционные качества падают в 100 раз по сравнению с закрытым положением.* При этом радикальной альтернативой может являться только централизованная принудительная приточная вентиляция всего здания в целом — вариант технически сложный и дорогостоящий.

Компромиссным решением, в общих чертах найденным на сегодняшний день, являются окна с так называемыми «шумозащитными клапанами», обеспечивающими требуемое снижение шума в режиме вентиляции. В нашей стране разработки в этом направлении были начаты в рамках программы Координационного центра Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) по строительной акустике и приостановлены с началом экономических реформ.

В рамках этой программы специалистами Института строительной техники в Варшаве совместно с учеными из Венгрии, Восточной Германии и Советского Союза было разработано пять типов устройств шумоглушения, принципиальные схемы которых приведены на рис. 5.9.

Независимо от типа, в принципе работы всех устройств заложена идея глушения шума, поступающего с улицы, в некоторой резонансной камере (или группе камер). Иллюстрирующей аналогией в этом отношении может служить хорошо знакомый всем автомобильный глушитель. А устройства, работающие по этому принципу, относятся к группе *резонансных звукопоглотителей*, принцип действия которых основан на работе системы типа масса-пружина. Принцип действия этой системы аналогичен работе системы масса — упругость — масса (раздел 5.2) и направлен на затухание колебаний, вызываемых звуковыми волнами, на пути их прохождения от источника шума к объему помещения. В строительной акустике различают несколько видов резонансных поглотителей, различающихся по своей конструкции и, соответственно, по способу глушения звука.

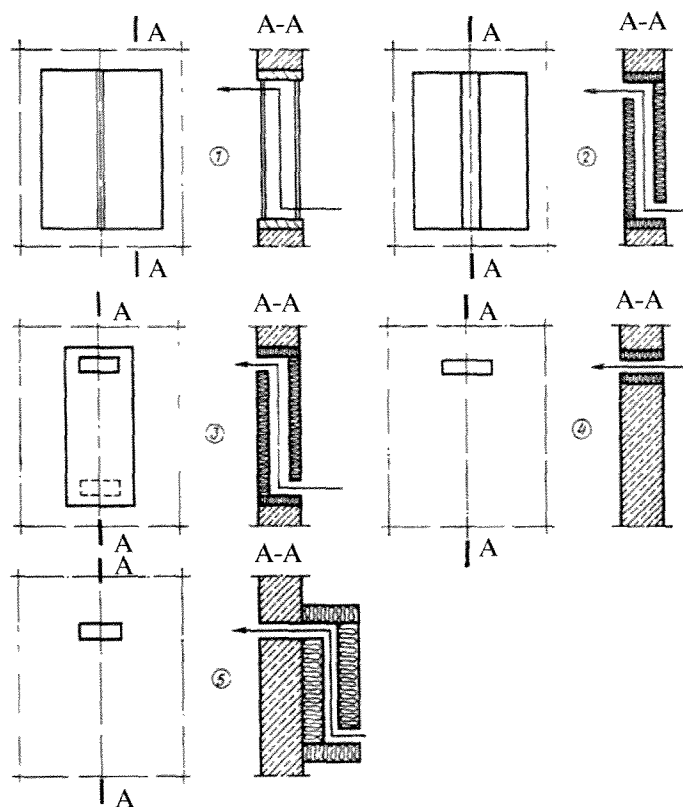


Рис. 5.9. Классификация вентиляционных конструкций, работающих в режиме шумоглушения (программа Координационного центра СЭВ по строительной акустике, 1985 г.):

- 1 — окно, конструкция которого обеспечивает поток воздуха без открывания створок,
- 2 — окно с встроенным вентиляционным элементом, 3 — самостоятельный вентиляционный элемент, образующий фрагмент наружной стены, 4 — самостоятельный вентиляционный элемент в виде заглушенного канала, проходящего перпендикулярно поверхности наружной стены, 5 — самостоятельный вентиляционный элемент, приставляемый к наружной стене

В наиболее простом резонаторе Гельмгольца колеблющаяся масса может быть представлена массой воздуха, находящейся в горле резонатора (отверстии или узкой щели), а упругость (пружина) — упругостью воздуха в полости резонатора. Схематическое изображение резонатора Гельмгольца приведено на рис. 5.10. Следует отметить, что все размеры отдельного резонатора должны быть меньше длины звуковой волны.

В реальных конструкциях применяется, как правило, система резонаторов — *резонаторная решетка*. При этом для достижения звукопоглощения за горлом резонатора устанавливают так называемые *демпфирующие материалы* (звукопоглотители), которые обеспечивают выравнивающий эффект в работе резонатора на различных частотах. Система резонаторов Гельмгольца с демпфирующими материалами показана на рис. 5.11. В качестве демпфирующих материалов используются пористые или волокнистые поглотители — ткань, войлок, поролон.

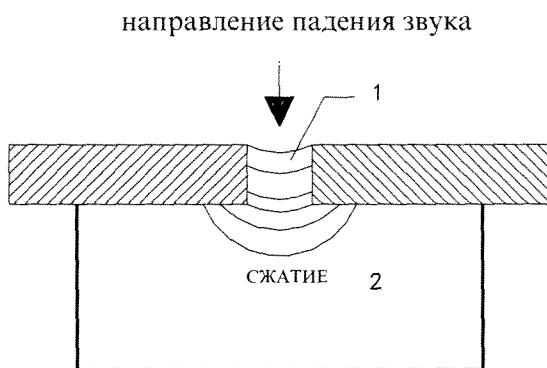


Рис. 5.10. Принципиальная схема резонатора Гельмгольца: 1 — горло резонатора, 2 — резонансная воздушная камера

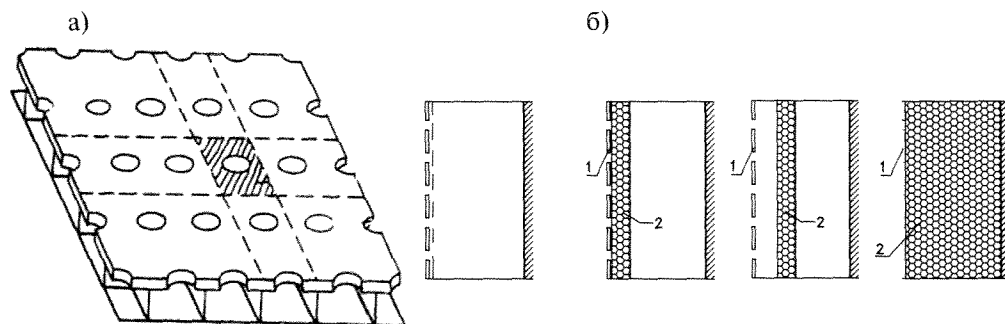


Рис. 5.11. Система резонаторов Гельмгольца с демпфирующими материалами.

а) размещение отверстий резонаторов по прямоугольной решетке; б) принципиальные схемы установки демпфирующих материалов: 1 — резонансная решетка, 2 — поглотитель

Другая группа резонансных поглотителей — панельные поглотители, применяются преимущественно для звукопоглощения на низких частотах (что особо интересно с точки зрения защиты от транспортного шума). Инерционным элементом такой колебательной системы служит масса натянутой пленки или тонкой пластины (мембраны), а упругостью (пружиной) в большинстве случаев — упругость воздуха, находящегося между тонкой пластиной и стенкой. В качестве дополнительной упругости может быть также рассмотрена изгибная жесткость тонкой пластины.

В панельных поглотителях, также как и в резонаторах Гельмгольца, могут применяться пористые поглощающие материалы, обеспечивающие дополнительное затухание звуковых колебаний, возникающих в мембранной пластине. При конструировании панельных поглотителей, для получения требуемой резонансной частоты достаточно часто применяется принцип наклонного падения звука на поглотитель, а также разделение поглотителя на отдельные объемы.

В реальных шумозащитных клапанах, ориентированных на решение различных строительно-акустических задач, как правило, применяются комбинированные поглотители, сочетающие в себе преимущества описанных выше схем.

Интересной в этом отношении представляется программа шумозащитных клапанов AEROMAT, предлагаемая концерном SIEGENIA-AUBI KG, обобщенные характеристики которых показаны на рис. 5.12 и приведены в табл. 5.7.

Все клапаны, перечисленные в табл. 5.7, могут быть классифицированы в соответствии с рисунком (см. рис. 5.9, поз. 4) как самостоятельный вентиляционный элемент в виде заглушенного канала, проходящего перпендикулярно поверхности наружной стены. Как видно из табл. 5.7, звукоизоляционные характеристики клапанов растут по мере усложнения применяемой системы резонаторов и увеличения объема поглощающего материала.

Так в клапане AEROMAT 80 реализованы принципы совмещения мембранной пластины (обладающей пространственной жесткостью) с поглотителем, а также падения звука на поглотитель под углом.

В клапане AEROMAT 100 применена система резонаторов Гельмгольца с демпфирующим материалом, а поглотитель, облицовывающий заднюю резонансную камеру, укладывается таким образом, чтобы создать эффект дополнительной амортизации (пружины).

При этом во всех клапанах массивный корпус из алюминиевого сплава Al Mg Si 0,5 F 22-25 выполняет роль массивного элемента, обеспечивающего звукоизоляцию.

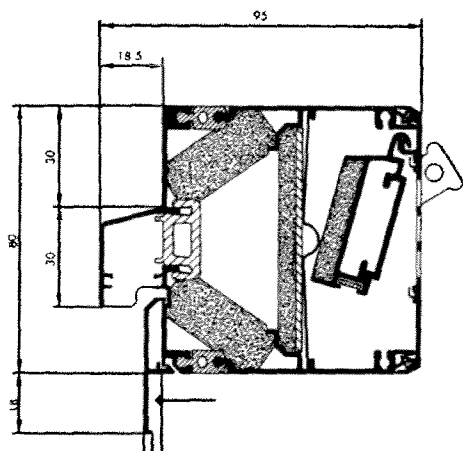


Рис. 5.12а. AEROMAT 80

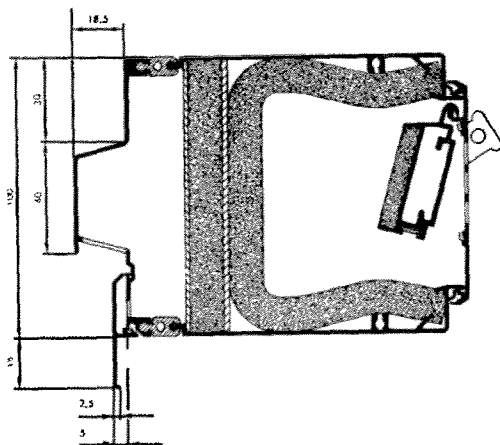


Рис. 5.12б. AEROMAT 100

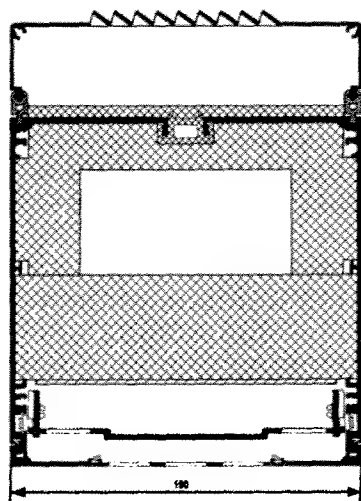


Рис. 5.12в. AEROMAT 150

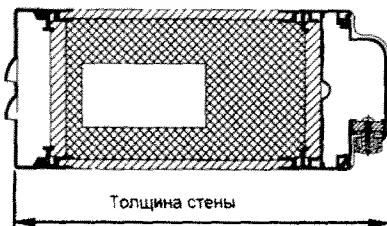
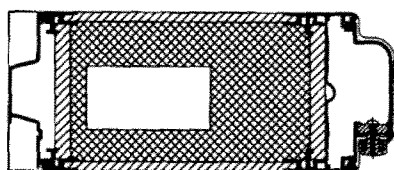


Рис. 5.12г. AEROMAT VT

Таблица 5.7

Шумозащитные характеристики клапанов системы «AEROMAT»
(производитель – SIEGENIA-AUBI KG)

N п/п	МАРКА	Эс- киз	Индекс звукоизоляции R_w , дБ при объеме пропускаемого воздуха			Индекс звукоизоляции R_a , дБ при объеме пропускаемого воздуха		
			15 м ³ /ч	25 м ³ /ч	>30 м ³ /ч	15 м ³ /ч	26 м ³ /ч	>30 м ³ /ч
1	AEROMAT 80	а	40	36	33	30*	27,6*	25,8*
2	AEROMAT 100	б		42	39		31,2*	29,4*
3	AEROMAT 150	в			44			32,4*
4	AEROMAT VT	г			51			29

* Индекс изоляции приблизительно рассчитан по формуле (5.4) и приведен в данной таблице для сравнения с характеристиками оконных блоков и стеклопакетов.

ГЛАВА 6. РОЛЬ ОКОН В СИСТЕМЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

Как уже отмечалось в предыдущих главах, самочувствие людей, находящихся в помещении, а также состояние самого помещения, напрямую зависят от параметров его микроклимата.

Являясь слабым местом в наружной оболочке здания, защищающей человека от неблагоприятных наружных воздействий, окна играют определяющую роль в формировании внутренней среды. Традиционный взгляд на окно, как элемент наружной ограждающей конструкции, предполагает, что оно, помимо зрительного контакта с окружающей средой и обеспечения естественной освещенности, должно также нести на себе все функции, связанные с вентилированием помещения. В настоящее время проблема доступа свежего воздуха в здания с герметичными оконными конструкциями является одной из наиболее остро стоящих перед специалистами во всем мире и до сих пор еще не нашла своего окончательного решения.

Как уже отмечалось в главе 5 (звукоизоляция), *на сегодняшний день окна украинских зданий, как вновь строящихся, так и реконструируемых, являются единственным источником притока свежего воздуха, обеспечивающим нормальную работу системы естественной вентиляции.* При этом замена старых деревянных окон, имевших неплотности и щели, на новые – герметичные, с хорошо продуманной системой уплотнений, практически в любом помещении жилых и общественных зданий неизбежно приводит к изменению микроклимата, ощущаемому человеком как негативный фактор.

Очевидно, что система естественной вентиляции будет являться эффективной только в том случае, если она отвечает целому ряду противоречащих друг другу требований, таких как:

- обеспечение необходимого обмена наружного и внутреннего воздуха в помещении за счет достаточного притока и вытяжки;
- недопустимость избыточных теплопотерь;
- обеспечение высокой степени изоляции от уличного шума;
- защита от проникновения насекомых, дождевой влаги, снега, пыли, а также обледенения в зимний период.

Для того, чтобы правильно спроектировать окна как устройства для вентиляции помещений, обеспечивающие приток свежего воздуха, необходимо выбрать критерии, которые указывали бы на качество вентилирования. При этом можно руководствоваться следующими основными предпосылками.

Основными показателями, влияющими на условия пребывания человека в помещении и особенности эксплуатации конструкций, ограждающих это помещение, являются.

1. Средняя температура воздуха внутри помещения t_a , измеряемая в так называемой «рабочей зоне» – в центре помещения на высоте 1,5 м от уровня пола.
2. Осредненная температура всех поверхностей, ограничивающих помещение, так называемая «среднерadiационная температура» – $t_{cp}^{рад}$.
3. Влажность и гигиеническое состояние воздуха в помещении (особенно с точки зрения содержания в нем двуокси углерода – CO_2).

Воздух внутри помещения отличается от наружного воздуха по трем основным параметрам: 1) по температуре; 2) по влажности; 3) по составу. Остановимся более подробно на каждом из критериев с точки зрения естественной вентиляции.

В нормальном незагрязненном состоянии воздух состоит из 21% кислорода, 78% азота, 0.95% аргона и 0.03% углекислого и других газов. Кроме того, в воздухе всегда содержится некоторое количество водяного пара.

Для жизнедеятельности человека, животных и растений прежде всего важны показатели по кислороду и углекислому газу. Количество углекислого газа CO_2 в наружном воздухе составляет для городской среды $0.4 - 0.5 \text{ л/м}^3$ или $0.07 - 0.1\%$. Допустимая концентрация CO_2 в помещении составляет 1 л/м^3 . Человек в результате жизнедеятельности выделяет от 25 до 45 л/час углекислого газа. Таким образом, для снижения содержания CO_2 в помещении, где находятся люди, до уровня допустимого, необходимо обеспечить приток свежего воздуха порядка 25 - 30 л/час на одного человека.

Требования нормативных документов сводятся к обеспечению *кратности воздухообмена* внутри помещения, или, иными словами, к *необходимому количеству воздуха, удаляемого из помещения за единицу времени*. Так, согласно СНиП 2.08.01-89, кратность естественного воздухообмена для жилых комнат составляет $3 \text{ м}^3/\text{час}$ на 1 м^2 площади комнаты и $60 \text{ м}^3/\text{час}$ на все помещение для кухни.

Таким образом, при проектировании вентиляционных устройств в окнах по критерию содержания в помещении углекислого газа необходимо исходить из того, что приток воздуха должен быть постоянным, независимым от времени года, погодных условий, аэродинамики здания и др. Иными словами, необходима определенная система приточных и вытяжных устройств, круглогодично поддерживающая содержание CO_2 в воздухе помещений в пределах нормы.

В отличие от содержания CO_2 , тесно взаимосвязанные между собой **критерии температуры и влажности внутреннего воздуха** в значительной степени подвержены дифференцированному анализу для зимних и летних условий эксплуатации. Кроме того, необходимо учитывать специфику требований к температурно-влажностному режиму различных помещений в пределах одного здания.

С точки зрения строительного проектирования, большинство помещений жилых и общественных зданий относятся к разряду помещений с незначительными выделениями влаги — до $2 \text{ г}/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ при температуре $15-20^\circ\text{C}$. Для сравнения эта величина при той же температуре в помещениях бань и производственных помещениях с мокрыми процессами превышает $50 \text{ г}/(\text{м}^2 \times \text{ч})$.

Вместе с тем, даже в пределах одной квартиры существуют хозяйственные помещения (такие как кухня и ванная комната), влаговыведение в которых значительно выше по сравнению с жилой зоной. Количественная характеристика возможных влаговыведений в различных помещениях квартиры приведена в табл. 6.1.

Интенсивность влаговыведений определяет содержание водяного пара в воздухе помещения при постоянно поддерживаемой в нем внутренней температуре — относительную влажность **фв**. В соответствии с отечественными строительными нормами, комфортной относительной влажностью внутреннего воздуха считается величина **фв** = 55%. В реальных условиях в зимнее время эта величина колеблется в пределах **фв** = 35-45%. В бытовом плане всем хорошо знакомы аквариумы и всевозможные увлажнители воздуха, появляющиеся зимой в большинстве городских квартир.

Влаговыделение в квартирах

№ п/п	Источник влаги		Влаговыделение, г/ч
1	Человек	Легкая деятельность	30-60
		Работа средней трудности	120-200
		Трудная работа	200-300
2	Ванная комната	Принятие ванны	Прибл. 700
		Принятие душа	Прибл. 2600
3	Кухня	Приготовление пищи, мытье посуды	600-1500
		В среднем за день	100
4	Комнатные растения (в зависимости от размера)		5-20
5	Выстиранное белье	Отжатое через центрифугу	50-200
		Совершенно мокрое	100-500

Вместе с тем, избыточная относительная влажность, особенно во вновь построенных зданиях — с большим содержанием технологической влаги в конструкциях, — может сказаться самым серьезным образом как на самочувствии людей, так и на состоянии помещений. В практике установки герметичных окон нередки случаи выпадения обильного конденсата на стеклопакетах и монтажных швах, а также появления плесени на оконных откосах.

Явления такого плана говорят о необходимости удаления из помещения избыточной парообразной влаги, иными словами — обеспечения необходимого естественного воздухообмена через оконные конструкции наряду с притоком свежего воздуха.

Основной сложностью в этом отношении является необходимость учета различных исходных условий для зимнего и летнего периода. В зимнее время при температуре наружного воздуха, равной -20°C , его абсолютная влажность может составлять 0.5 г/м^3 (при относительной влажности, близкой к 100%). В то же время внутренний воздух при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 50% содержит 8.7 г/м^3 , что в 17 раз больше, чем в наружном воздухе.

При такой большой разнице парциальных давлений к интенсивному воздухообмену приводит даже очень незначительная разгерметизация окон. При этом в летнее время при приблизительно равной температуре воздуха внутри помещения и снаружи, условия воздухообмена будут принципиально иными.

Критерий температуры внутреннего воздуха наиболее интересен с точки зрения замены окон в отдельных помещениях (или квартирах) существующих зданий.

Вплоть до последнего времени необходимость подогрева холодного воздуха, инфильтрующегося через окна, имеющие неплотности и щели в притворах, была заложена в отечественных нормах на проектирование систем отопления. При инфильтрации холодного воздуха в зимний период температура вблизи таких окон понижалась на несколько градусов по сравнению с температурой внутреннего воздуха помещения $t_{\text{в}}$. По данным расчетов и наблюдений, в период резкого похолодания на теплопотери через окна приходилось до 80% от общих теплопотерь помещения. Соответственно мощность системы отопления рассчитывалась, исходя из условия необходимых затрат тепла в помещении при наличии воздухопроницаемых окон.

При замене старых окон на герметичные в одной из квартир многоэтажного дома происходит резкое снижение теплопотерь через окна за счет одновременного действия двух факторов, а именно: 1) фактического сведения к нулю теплопотерь за счет инфильтрации; и 2) увеличения почти вдвое термического сопротивления окон (приведенное термическое сопротивление окна со старым переплетом $R_0 = 0,3 \text{ (м}^2 \text{ °C/Вт)}$), окна с двухкамерным стеклопакетом — $R_0 = 0,56 \text{ (м}^2 \text{ °C/Вт)}$). Мощность системы отопления, спроектированной для всего дома, при этом остается прежней.

В результате в отдельно взятой квартире (или в одном из помещений квартиры) образуется избыток тепла, по сравнению с тем, к которому организм человека адаптировался на протяжении многих лет или, говоря иными словами, происходит *«локальное потепление внутреннего микроклимата»*.

Таким образом, необходимость естественной вентиляции помещений жилых и общественных зданий вызывается такими факторами как:

- обеспечение допустимой концентрации двуокиси углерода — CO_2 в помещении (1 л/м^3 или $1,5 \text{ г/кг}$ ($0,15\%$));
- обеспечение требуемой относительной влажности внутреннего воздуха помещения ($\phi_{\text{в}} = 55\%$ для гражданских зданий согласно МГСН 2.01.94)¹;
- обеспечение требуемой температуры внутреннего воздуха помещения ($t_{\text{в}} = 20 \text{ °C}$ для гражданских зданий согласно МГСН 2.01.94)¹;
- обеспечение содержания количества кислорода в воздухе, необходимого для помещений с источниками открытого огня (кухонь, в которых установлены газовые плиты).

При этом все перечисленные условия должны быть соблюдены круглогодично — как в зимнее, так и в летнее время.

Основным средством для поддержания необходимых гигиенических условий в помещениях жилых и административных зданий является естественный воздухообмен. В настоящее время в жилищном строительстве принимается следующая схема вентиляции квартир. Вытяжка осуществляется естественным путем непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, т.е. из кухонь и санитарных помещений через вентиляционные каналы. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через негерметичности наружных ограждений (главным образом через окна) и посредством проветривания всех помещений квартиры. Квартира рассматривается в качестве единого объема, в котором воздух перетекает из одного помещения в другое через межкомнатные двери, имеющие подрезку внизу, или находящиеся в открытом положении. При этом характер воздухообмена в квартире в значительной мере определяется воздушным режимом всего здания в целом.

Естественный перенос воздуха в здании осуществляется под действием разности давлений внутреннего и наружного воздуха, возникающей вследствие перепада температур или под действием ветра.

Под влиянием внешних воздействий в здании создается распределение давлений, зависящее от геометрической формы здания и его аэродинамической характеристики, высоты помещений и разницы температур внутри и снаружи, степени изоляции отдельных этажей или групп помещений друг от друга, а также защищенности здания от воздействия ветра.

¹ В Украине эти вопросы регламентируются ДБН В.2.5-23-2003 «Проектирование электрооборудования объектов гражданского назначения».

В холодный период года, при безветрии, в нижней зоне здания или помещения через любые неплотности и отверстия в ограждающих конструкциях происходит приток холодного наружного воздуха внутрь помещений (инфильтрация), а в верхней зоне, где создается избыточное давление по сравнению с атмосферным — удаление теплого воздуха наружу (эксфильтрация).

Эти явления, вызывающие естественный воздухообмен в помещении или в здании, в особенности заметны при сильных морозах, когда разность температур наружного и внутреннего воздуха отапливаемых помещений наиболее велика.

За счет действия ветра на наветренной стороне здания создается подпор, а избыточное статическое давление возникает на наружных поверхностях ограждений. На заветренной стороне образуется разрежение, и статическое давление оказывается пониженным. Таким образом, с наветренной стороны действие ветра усиливает инфильтрацию, а с заветренной — уменьшает ее.

Таким образом, в многоэтажных зданиях в условиях относительного безветрия можно выделить зоны характерных (преобладающих во времени) давлений: положительных (превышающих атмосферное), отрицательных (меньших атмосферного) и неустойчивых (изменяющих свой знак).

В зоне положительных давлений, располагающейся в самой верхней части здания, преобладает удаление воздуха через отверстия и неплотности в ограждающих конструкциях; в зоне отрицательных давлений, занимающих всю нижнюю и среднюю по высоте часть здания, характерна инфильтрация холодного воздуха. Зона неустойчивых давлений близка к нейтральной поверхности.

Такое распределение давлений характерно практически для всех многоэтажных зданий вследствие недостаточной изоляции квартир от лестничных клеток. При этом на эпюру давлений для здания в целом накладывается распределение давлений в каждом отдельном этаже (рис. 6.1).

Таким образом, в многоэтажных зданиях отдельные помещения и квартиры, расположенные на разных этажах, изначально находятся в неодинаковых условиях естественного воздухообмена, возникающими за счет аэродинамики здания. Ситуация может быть дополнительно осложнена такими факторами, как наличие балконов и лоджий, а также сплошной воздухонепроницаемой перегородки внутри здания. Кроме того, существенная разница в характере воздухообмена существует между зданиями, имеющими теплый чердак или совмещенную кровлю, и зданиями с холодным чердаком.

Разница давлений, вызывающая перенос воздуха в здании и возникающая за счет температурного градиента, может быть определена по формуле [Ильинский. Строительная теплофизика]:

$$\Delta P_t = H (\gamma_n - \gamma_v), \quad (6.1.)$$

где γ_n — объемный вес холодного наружного воздуха [кг/м³];

γ_v — объемный вес теплого внутреннего воздуха [кг/м³];

H — вертикальное расстояние между нижними приточными и верхними вытяжными отверстиями (приблизленно равное высоте всего здания), [м].

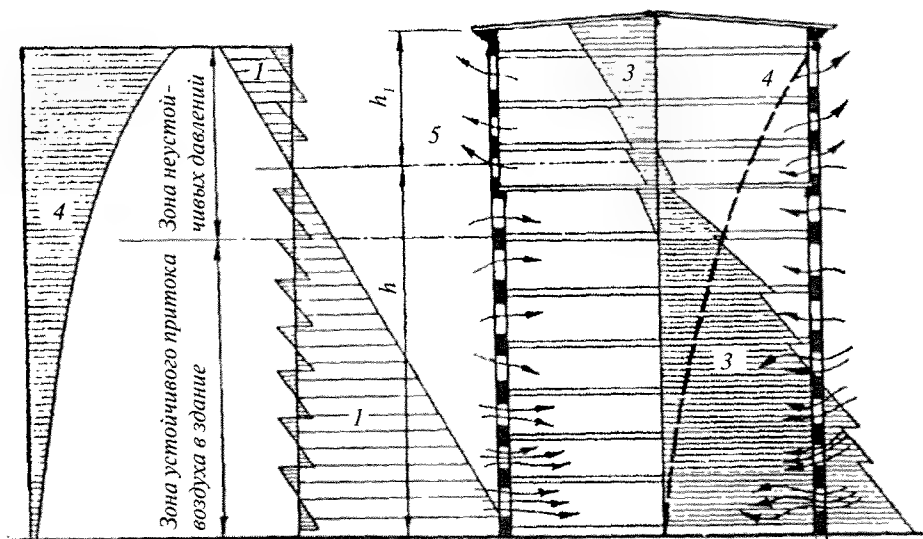


Рис. 6.1. Схема фильтрации воздуха через неплотности проемов в отапливаемом многоэтажном здании с естественным воздухообменом:

1 — эпюра давлений от теплового напора для здания в целом, 2 — эпюры давлений в каждом этаже, 3 — эпюра суммарных давлений при отсутствии ветра, 4 — эпюра давления от ветра в условиях городской застройки, 5 — нейтральная поверхность при отсутствии ветра

Зависимость веса воздуха от температуры может быть проиллюстрирована табл. 6.2.

Таблица 6.2.

Физические свойства воздуха

Т, °С	Парциальное давление водяного пара		Объемный вес воздуха [кг / м ³]
	мм.рт.ст	Г/м ³	
-20	0.94	1.1	1.396
-10	2.14	2.3	1.342
0	4.58	4.9	1.293
+ 10	9.21	9.4	1.248
+ 20	17.53	17.2	1.205
+ 30	31.82	30.1	1.165

В летнее время, (согласно формуле (6.1) и табл. 6.2,) когда температуры наружного и внутреннего воздуха приблизительно одинаковы, разница давлений ΔP_i близка к нулю. Движение воздуха через неплотности в оконных проемах может осуществляться только под действием ветра.

В зимнее время, наружный воздух, объемный вес которого больше объемного веса внутреннего воздуха, начинает проникать в помещение за счет разницы давлений ΔP_i , которая при $t_{в} = + 20^{\circ}\text{C}$ и $t_{н} = - 20^{\circ}\text{C}$, может быть определена из зависимости, прямо пропорциональной общей высоте здания, а именно:

$$\Delta P_i = H (1.396 - 1.205) = 0.2 \text{ Н.}$$

Иными словами, чем выше здание (само по себе выполняющее роль аэродинамической трубы), тем больший эффект притока холодного воздуха создается в зимнее время.

С другой стороны, наряду с инфильтрацией холодного воздуха, имеет место обратный процесс — эксфильтрация водяного пара изнутри помещения наружу, вызванная разницей парциальных давлений. Так, согласно табл. 6.2, при температуре воздуха, равной $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, парциальное давление содержащегося в нем пара $\Delta P_i = 17.2\text{ г/м}^3$, а при температуре воздуха, равной $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, парциальное давление содержащегося в нем пара $\Delta P_i = 1.1\text{ г/м}^3$. Как уже отмечалось выше, такая большая разница парциальных давлений вызывает интенсивный влагоперенос через наружные ограждающие конструкции, в первую очередь — через окна. При этом условия влагообмена не зависят от аэродинамики здания, а определяются исключительно температурно-влажностным режимом помещения.

ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ С ОКОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

Выше были описаны основные физические закономерности, определяющие процесс естественного воздухообмена в зданиях, а также требования к режиму естественной вентиляции помещений.

Поскольку на сегодняшний день определяющая роль в этом отношении отводится окнам, все крупные системы ПВХ-профилей, как правило, включают в себя дополнительные вентиляционные устройства. Кроме того, существует ряд фирм, непосредственно специализирующихся на их выпуске (Renson, Aereco, Siegenia-AUBI KG).

По своему конструктивному решению дополнительные вентиляционные устройства, применяемые с оконными системами, можно условно разделить на четыре основные группы:

- разнообразные ограничители открывания (или так называемые устройства для микропроветривания), входящие в комплект оконной фурнитуры;
- открывающиеся заслонки и планки, а также специальные вентиляционные каналы, устанавливаемые на ПВХ-профилях;
- проветривающие устройства, устанавливаемые в нижней или верхней части оконной рамы;
- частично воздухопроницаемые уплотнители.

Кроме того, вентиляционные устройства могут быть также классифицированы *по фактору, активизирующему их действие*. Работа вентиляционных устройств может регулироваться:

- вручную в зависимости от субъективных ощущений человека, находящегося в помещении (путем механического открывания соответствующих заслонок и клапанов или включения вентилятора с электроприводом);
- автоматически в зависимости от изменения статического давления на наружной поверхности оконной рамы (ветрового, а также возникающего вследствие разности температур изнутри и снаружи здания);
- автоматически в зависимости от изменения влажности внутреннего воздуха помещения.

При этом *все вентиляционные устройства, независимо от конструкции и активизирующего их фактора (включая устройства с ручным управлением) предназначены для обеспечения режима вентиляции помещения в течение длительного времени без участия человека* (в отличие от так называемого «залпового проветривания», когда проветривание помещения осуществляется путем периодического открывания окон на короткое время).

Поскольку для системного анализа работы вентиляционных устройств наиболее интересен фактор, активизирующий действие, на отдельных примерах рассмотрим принцип их работы согласно соответствующей классификации.

В способе вентиляции *с помощью частичной выемки уплотнения*, применяемой многими производителями профильных систем из ПВХ, для каждого периметра створки рассчитывается длина части стандартного уплотнения, подлежащего замене. При этом обеспечивается зазор приблизительно в 2 мм между профилями коробки и створки. Для обеспечения «частичной выемки уплотнения» применяется также так называемое «перфорированное» или «щеточное» уплотнение.

При этом увеличение воздухопроницаемости такого окна может быть проиллюстрировано табл.6.3а и 6.3б.

Таблица 6.3а

Объем воздуха, проходящего через стыки между створкой и коробкой стандартного окна, изготовленного из пластиковых профилей системы Veka Softline AD, имеющего в верхней горизонтальной части стыка одинарное резиновое и одинарное щеточное уплотнение (более плотное окно)

Разность давлений, Па	10	50	100	150	300
Коэффициент воздухопроницаемости, м ³ /м час	0.24	0.96	1.34	2.22	7.29

Таблица 6.3б

Объем воздуха, проходящего через стыки между створкой и коробкой стандартного окна, изготовленного из пластиковых профилей системы Veka Softline AD, имеющего в верхней горизонтальной части стыка двойное щеточное уплотнение (менее плотное окно)

Разность давлений, Па	10	50	100	150	300
Коэффициент воздухопроницаемости, м ³ /м час	0.33	1.34	3.00	4.12	9.33

Из таблиц 6.3а и 6.3б хорошо видна зависимость воздухопроницаемости окна от разности давлений, вызывающей движение воздуха через уплотнения. Так, для более плотного окна (табл. 6.3а), при увеличении разности давлений в 10 раз (с 10 до 100 Па) воздухопроницаемость окна увеличивается примерно в 5,5 раз, а для менее плотного (табл. 6.3б) – в 9 раз.

Как показывают приведенные выше рассуждения, такое решение достаточно трудно адаптируется к многоэтажным зданиям, помещения которых находятся в неодинаковых условиях воздухообмена в зависимости от высоты.

Более гибкой идеей в этом отношении являются устройства, встраиваемые в оконный профиль и *реагирующие на изменение статического давления на наружной стороне оконной рамы*. Примером такого устройства может служить вентиляционная заслонка системы Gealan Clima Control, показанная на рис. 6.2. В нормальном положении заслонка открыта, и поток воздуха из фальца окна через отверстия в стенках профиля и далее через прорези уплотнения попадает в помещение. В случае усиления воздушного потока, он поворачивает заслонку и перекрывает себе путь. По мере уменьшения скорости ветра заслонка снова открывается, и свободная циркуляция воздуха восстанавливается.

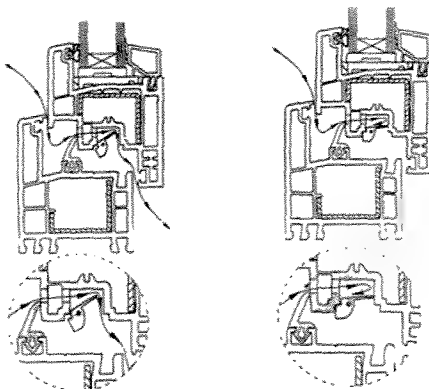


Рис. 6.2. Вентиляционная заслонка системы Gealan Clima Control. Слева — заслонка в открытом положении, справа — заслонка в закрытом положении

При перепаде давлений в 10 Па система обеспечивает воздухообмен в 3,6 м³/час. С ростом перепада давления циркуляция воздуха возрастает. Начиная с величины 100 Па, заслонка начинает закрываться. При значениях перепада давления от 150 Па и выше величина воздухообмена вновь возрастает, но уже за счет роста воздухопроницаемости окна в целом.

Многочисленную по своему разнообразию группу проветривателей представляют различные заслонки и планки, входящие в профильные системы и представляющие из себя классический пример устройств, *регулируемых вручную, в зависимости от субъективных потребностей человека*. По эффективности своей работы они адекватны щелевым проветривателям, входящим в комплект оконной фурнитуры.

В качестве примера устройства такого типа может быть приведена вентиляционная планка Vrugmann, показанная на рис. 6.3. Планка, так же, как рама и створка, представляет из себя многокамерный ПВХ-профиль. В зависимости от потребности помещения в свежем воздухе, открывается необходимое количество сквозных отверстий, просверленных в планке. Внутри планки воздух проходит через множество смещенных по отношению друг к другу вентиляционных отверстий. Отверстия защищены от насекомых сеткой из нержавеющей стали.

В качестве примера вентиляционного устройства, реагирующего на **изменение влажности** в помещении, можно привести систему приточно-вытяжных устройств французской фирмы Аегесо. Устройство представляет собой короб, внутри которого установлен механический датчик влажности, состоящий из 8-ми полосок полиамида. Эта ткань имеет свойство удлиняться или сокращаться в зависимости от изменения относительной влажности воздуха. Чем выше влажность, тем больше открывается заслонка, пропускающая воздух.

Клапан Аегесо врезается в оконную створку, поэтому реагирует на изменение значений влажности непосредственно вблизи окна. Как показывает отечественный опыт эксплуатации, клапаны такого типа могут быть успешно применены в качестве устройств для выпуска избытков водяного пара на улицу из помещений с периодическими интенсивными выделениями влаги (кухни, постирочные и т.п.). При этом удаление влаги непосредственно из источника влаговыведения благоприятно сказывается на влажностном режиме квартиры в целом.

Все описанные выше устройства ориентированы на использование в помещениях, не подверженных воздействию интенсивной шумовой нагрузки от транспортного шума, железных дорог и других источников.

Наиболее сложной задачей с точки зрения вентиляции является совмещение приточных устройств со звукопоглощающими клапанами, конструкция и принцип действия которых описаны в главе 5 (звукоизоляция). Схема инфильтрации холодного воздуха через звукопоглощающий клапан, установленный в окне, показана на рис. 6.4.

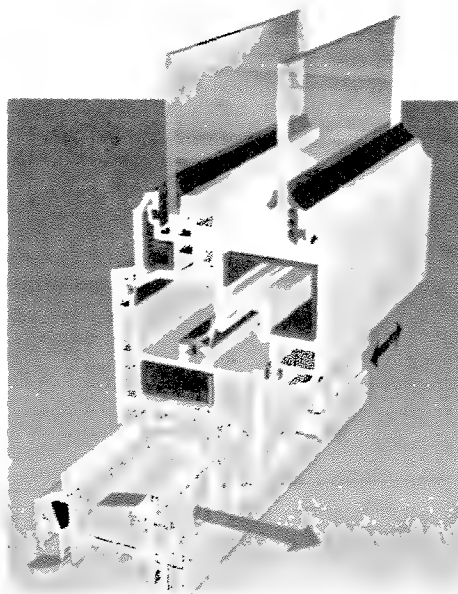


Рис. 6.3. Вентиляционная планка,
устанавливаемая с ПВХ-профилем.
Система Bruggmann

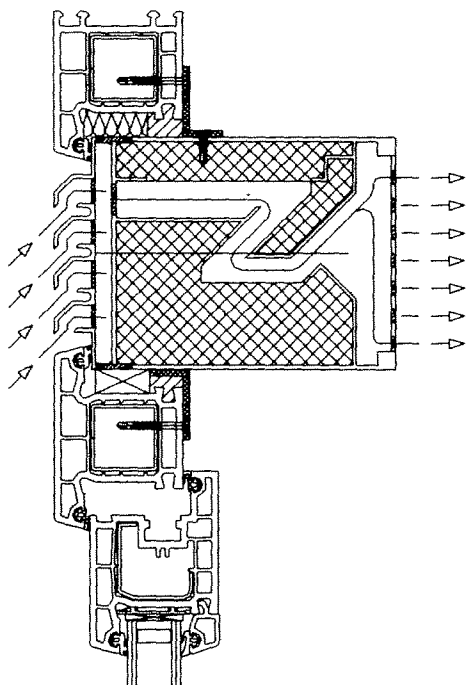


Рис. 6.4. Схема инфильтрации холодного воздуха через звукопоглощающий клапан.
Система VEKA

Группа устройств, работающих как самостоятельный вентиляционный элемент, разработана концерном SIEGENIA-AUBI. Эти устройства устанавливаются: совместно с окном (вертикально или горизонтально), под подоконником или отдельно от окна на наружной стене.

Вентиляционные устройства, устанавливаемые вместе с оконным блоком, показаны на рис. 6.5.

Вентиляционное устройство, устанавливаемое под подоконником, показано на рис. 6.6.



Рис. 6.5. Установка проветривателей AEROMAT в оконных блоках — вертикально или горизонтально (AEROMAT 80, 100, 150)

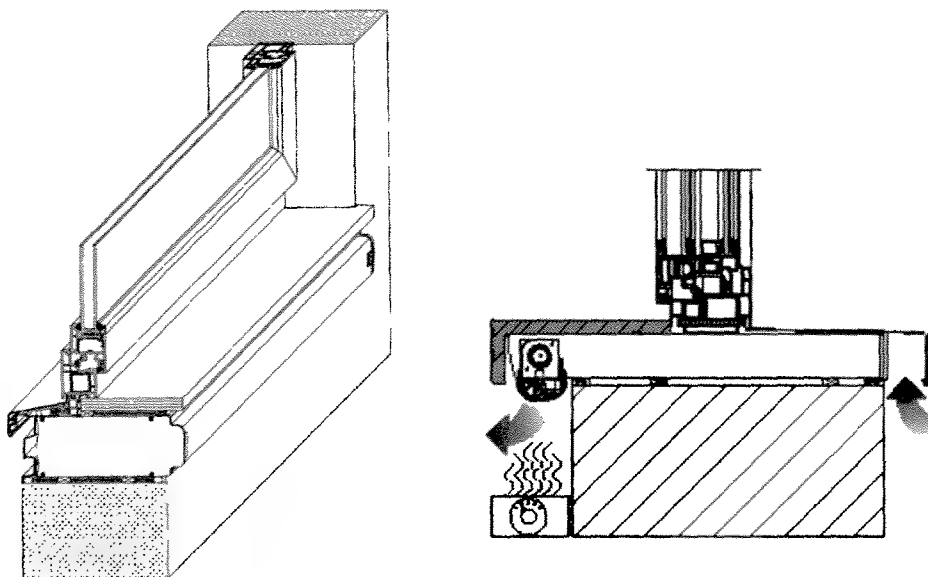


Рис. 6.6. Установка проветривателей AEROMAT VT и AEROFLAT под подоконником

Как показывает опыт отечественных исследований, требуемый воздухообмен в помещениях при установке в них шумопоглощающих клапанов создается при температуре наружного воздуха ниже $+13 \dots +15^\circ\text{C}$, а при более высоких температурах требуется подключение устройств принудительной вентиляции — проветривателей AEROMAT VT и AEROFLAT. Проветриватели AEROMAT 150 и AEROMAT VT могут быть снабжены электровентилятором для принудительной подачи наружного воздуха при малом перепаде наружных и внутренних температур, не обеспечивающих естественный приток. Кроме этого они не занимают световой площади окна. Проветриватель AEROFLAT может быть снабжен специальным клапаном, позволяющим его применение в высотном строительстве. Проветриватели AEROMAT 150 и AEROMAT VT могут быть снабжены электровентилятором для принудительной подачи наружного воздуха при малом перепаде наружных и внутренних температур, не обеспечивающих естественный приток.

На рис. 6.7 показаны проветриватели, крепление которых осуществляется на наружной стене. Они позволяют осуществить качественно более высокую степень фильтрации поступающего воздуха — AEROPAC от выхлопных газов, AEROVITAL от цветочной пыли. Шумопоглощающий проветриватель AEROPAC дает возможность притока воздуха в пределах от 20 до 110 м³/ч при высокой степени шумопоглощения (43-58 дБ). При этом собственный шум незначителен.

ГЛАВА 7.

ФУРНИТУРА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ОКОН

В общем смысле под понятием «*фурнитура*» (от французского *fourniture*) понимаются различные вспомогательные (подсобные) материалы для какого-либо производства. В традиционных окнах роль фурнитуры выполнял набор простейших ручек и петель, за счет которых осуществлялось их закрывание-открывание. Более сложные системы, применявшиеся в промышленных и общественных зданиях, выполнявшие, например, такие функции как открывание окон, расположенных на значительной высоте от пола, классифицировались в специальной литературе как *дополнительные механизмы*.

Появление на отечественном рынке развитых и технологичных оконных систем заставляет посмотреть на роль фурнитуры в окне с принципиально иных позиций. В настоящее время *под оконной фурнитурой* понимается сложная **совокупность механизмов** (петель, кронштейнов, тяг, соединительных элементов и др.), **обеспечивающих открывание и закрывание окна в различных режимах**. Основными режимами являются — поворот окна для мытья стекол и наклон окна для проветривания. При этом весь механизм управляется только от одной ручки.

В глухих окнах элементы фурнитуры не устанавливаются.

В зависимости от назначения и комплектации фурнитура может выполнять и некоторые дополнительные функции, такие как:

- различные режимы микропроветривания помещений;
- защита от взлома и нежелательного открывания окна детьми.

Кроме того, существует целый ряд специальных приспособлений для межкомнатных, входных и балконных дверей.

Как уже отмечалось в предыдущих главах, основной функцией светопрозрачных ограждений является освещение помещений естественным светом. Частичная потеря светопрозрачности, неизбежно возникающая вследствие запыленности и загрязнения наружного воздуха, влечет за собой состояние дискомфорта, нарушение нормальных условий эксплуатации помещения. Иными словами, окна нуждаются в периодической очистке от загрязнения, при этом все функции эффективного и безопасного обслуживания возложены на систему фурнитуры.

Наиболее актуально проблема возникает в многоэтажных зданиях, где эксплуатация и обслуживание окон напрямую связаны с вопросами жизнебезопасности.

Для первых этажей, как и в индивидуальном строительстве, необходимость регулярного обслуживания окон вступает в естественное противоречие с мерами по предотвращению проникновения в жилище с целью кражи. Проблема, традиционно решаемая в нашей стране при помощи массивных решеток на окнах, в Германии продвигается по пути совершенствования технических решений стеклопакетов и разработки специальных систем противовзломной фурнитуры. Иными словами, европейский технический прогресс стремится создать условия безопасности, не наносящие ущерба психологическому комфорту.

- В последние годы строительные фирмы Германии стали уделять все большее внимание защите от взлома и противовзломным окнам. Причин тому немало. Статистика говорит в данном случае сама за себя: согласно данным Криминальной полиции ФРГ и страховых компаний, каждые 2,5 мин. в Германии происходит квартирный кража. В 70% случаев квартирных краж взломщики проникают через окна или двери оконного типа, которые оснащены менее надежными запорами, чем входные двери, или не имеют их вовсе.

К сожалению, при всей очевидной важности проблемы, в настоящее время вопросы, связанные с *проектированием и эксплуатацией систем оконной фурнитуры*, являются своего рода «черной дырой» для украинских специалистов-строителей. Из всей области специальных знаний, затрагивающей светопрозрачные ограждения, они практически никак не отражены в профессиональной литературе. Вместе с тем, *как показывает опыт эксплуатации современных окон в нашей стране, как минимум 50% рекламаций, предъявляемых к оконным фирмам, относятся к отказам в работе фурнитуры*. При этом довольно часто проблема заключается не в качестве комплектующих фурнитуры, а изначально — в тех условиях работы, которые были заданы проектировщиком окна для механизма фурнитуры в целом (габаритные размеры окна, положение запорных ручек, установка окон в помещениях с влажной или агрессивной средой, условия монтажа и др.).

Остановимся более подробно на освещении технических возможностей систем фурнитуры для светопрозрачных ограждений с точки зрения возможной их реализации в проектных решениях.

7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ

Системы фурнитуры классифицируются: 1) по способу открывания окна; 2) по типу оконного профиля; 3) по степени защиты от взлома; 4) по геометрической форме окна.

Для классификации фурнитуры по способу открывания введем такое понятие как *режим открывания*. Под *основными режимами открывания* створки будем понимать:

- поворот;
- откидывание (наклон);
- сдвиг;
- параллельное выставление.

Под *поворотом* будем понимать вращение створки вокруг вертикальной оси, расположенной с левой или с правой стороны створки. Расположение оси определяет такое понятие как *правое* или *левое* открывание.

Под *наклоном (или откидыванием)* подразумевается поворот створки вокруг нижней горизонтальной оси. В терминологии, распространенной в настоящее время, под наклоном как правило понимается поворот на угол порядка 10° – 25°, а под откидыванием — на угол до 180°.

Режим *сдвига* подразумевает движение створки вдоль рамы по специальным направляющим.

Режим **параллельного выставления створки** предусматривает выдвижение створки из плоскости окна на определенное расстояние. Этот режим может быть применен для микропроветривания по контуру окна (его разгерметизации по всему периметру) или для обеспечения дальнейшего сдвига створки.

Способ открывания окна может предусматривать один или несколько режимов. **По способу открывания** фурнитуру можно разделить на несколько групп.

Поворотная фурнитура с вертикальным подвесом имеет единственный режим — режим поворота и позволяет поворачивать створку в одном направлении — вокруг вертикальной оси. На рис. 7.1а показано поворотное окно с ложным импостом

В наклонно-поворотной фурнитуре (в ряде источников — «поворотно-откидная» фурнитура) реализована комбинация двух режимов — поворота и наклона (откидывания). Эта фурнитура позволяет одну и ту же створку не только поворачивать вокруг вертикальной оси, но и наклонять как показано на рис. 7.1б. Окно открывается одной рукой в нужном направлении при определенном положении ручки.

В стандартном варианте последовательность режимов открывания осуществляется следующим образом: сначала — поворот, потом — откидывание (наклон). Концерном SIEGENIA разработана система TBT, в которой стандартная последовательность режимов изменена — сначала откидывание, потом — поворот. Эта система применяется в Англии для детских садов, школ, учебных заведений, больниц — общественных зданий с повышенными требованиями безопасной эксплуатации окон.

Для эффективного быстрого проветривания (режим наклона) створку можно повернуть вокруг нижней горизонтальной оси на фиксированный угол 10° – 25° (в зависимости от размеров створки). Фурнитура такого типа может устанавливаться на окнах различной формы — арочных, трапецевидных, прямоугольных. В зависимости от ограничений, накладываемых производителями профильной системы, комплект наклонно-поворотной фурнитуры может устанавливаться на одностворчатых и многостворчатых окнах высотой до 2.4 м и шириной до 1.6 м.

Поворотная фурнитура с нижним горизонтальным подвесом (откидная фурнитура) (рис. 7.1в) работает в режиме откидывания и предназначена для поворота окна на угол до 180° вокруг горизонтальной оси. В распространенной терминологии такое открывание часто называется **фрамужным**.

Отдельную группу может быть вынесена поворотная фурнитура с подвесом на средней горизонтальной оси. Такие окна называются **среднеподвесными** и применяются, как правило, в мансардных этажах или в помещениях с особыми требованиями по вентиляции.

Сдвижная фурнитура обеспечивает режим сдвига створки и применяется в основном для помещений с пониженными требованиями по теплоизоляции — при одинарном остеклении балконов, лоджий и т.п. Использование сдвижной фурнитуры предполагает применение специальных раздвижных профильных систем (из ПВХ, алюминия или дерева). В окнах с таким открыванием применяется воздухопроницаемое щеточное уплотнение.

Наклонно-сдвижная фурнитура (рис. 7.1г) является наиболее сложной из всех систем и включает в себя три основных режима открывания — наклон, параллельное выставление и сдвиг. В отличие от сдвижной фурнитуры устанавливается на стандартный оконный профиль с уплотнением по контуру.

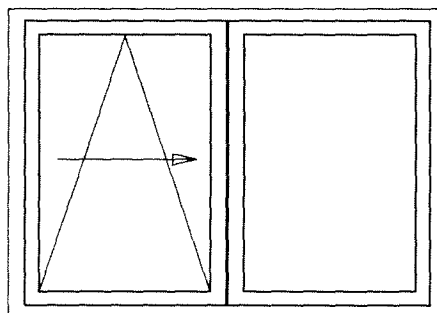
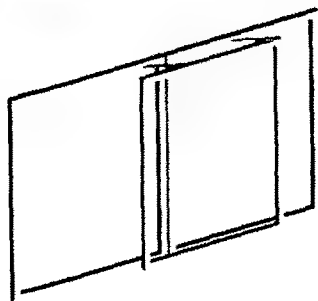
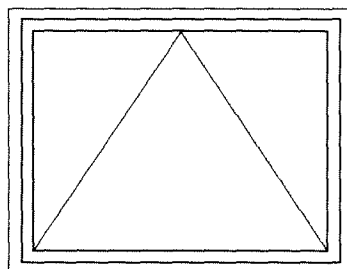
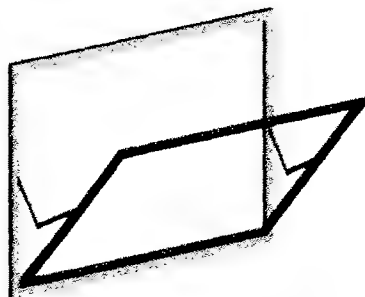
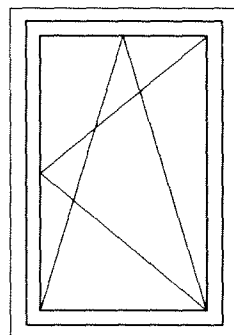
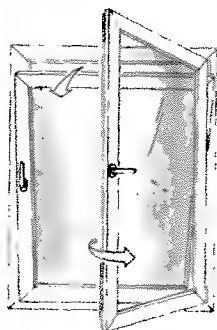
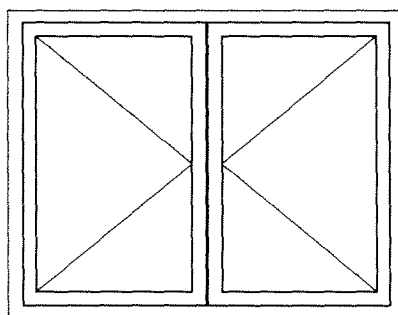
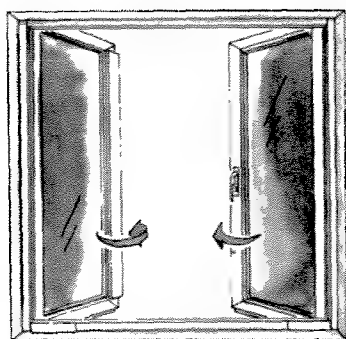


Рис. 7.1. Окна с различными способами открывания: а) поворотное окно; б) поворотно-откидное окно; в) нижнеподвесное окно (фрамуга); г) наклонно-сдвижное окно

В наклонно-сдвижной системе обеспечивается плотное запирание створки по всему периметру. Данную фурнитуру целесообразно использовать там, где надо застеклить большую площадь при минимуме свободного места и герметично изолировать одно помещение от другого или от улицы.

Раздвижная складывающаяся фурнитура предназначена в основном для внутренних межкомнатных дверей большой высоты и площади. Может быть эффективно использована в помещениях со свободной планировкой и трансформируемыми перегородками.

По материалу оконного профиля фурнитура подразделяется на фурнитуру для окон:

- с переплетами из ПВХ;
- с переплетами из дерева;
- с переплетами из алюминия.

По форме окна фурнитура может быть подразделена на фурнитуру для:

- прямоугольных окон;
- арочных окон;
- трапецевидных окон;

7.2. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ФУРНИТУРЫ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аналогично оконным профилям, при дальнейшем описании конструктивных особенностей фурнитуры различного вида будем применять такое понятие как «система». Однако, если для профилей это понятие однозначно понимается как некоторый набор артикулов, в случае фурнитуры термин «система» имеет двоякое значение.

С одной стороны оно, как и для профилей, действительно подразумевает некий набор отдельных элементов — изделий, принцип комплектации которых будет рассмотрен ниже; с другой стороны *понятие «системы» для фурнитуры обязательно привязывается к конструкции профильной системы. С этой точки зрения под «системой» понимают совокупность размеров сопряжения профилей рамы и створки.* Для окон из дерева — это 4/15-8, 12/18-9. Для окон из ПВХ различают следующие системы:

- 12/18 — 9 (профили Rehau S 780 и др.);
- 12/20 — 13 (профили PlusTec, Rehau S 730, Gealan 3000, Veka SL и др.);
- 12/22 — 13 (профили Thyssen, Royal Deluxe и др.).

На рис. 7.2 представлен профиль системы 12/20 — 13.

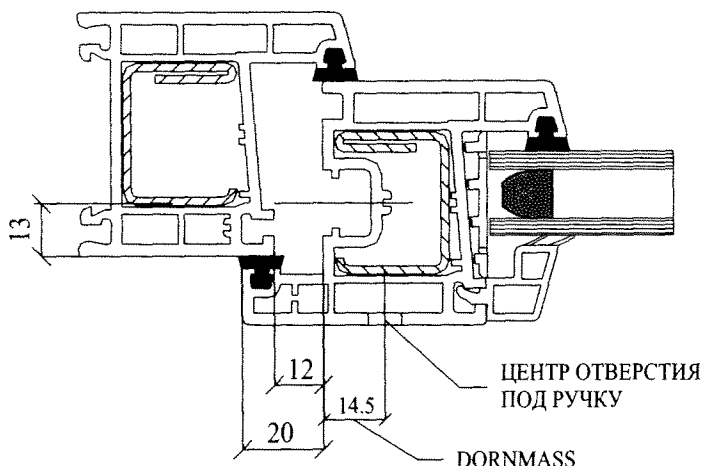


Рис. 7.2. Совокупность размеров сопряжения рамного и створочного профиля

Первая цифра «12» обозначает *расстояние в миллиметрах между фальцем рамы и фальцем створки*. При этом глубина фурнитурного паза не учитывается. Этот размер обозначается термином *«фальцлюфт»* (Falzluft – нем.).

Вторая цифра «20» обозначает *расстояние в миллиметрах между фальцем створки и торцом притвора*. Этот размер носит название *«ширина наплава»* (Überschlagbreite – нем.).

Последняя цифра «13» указывает расположение оси фурнитурного паза. *Под «осью фурнитурного паза»* (нем. Beshlagachse или Nutachse) понимается *расстояние в миллиметрах от лицевой поверхности профиля коробки до оси фурнитурного паза на створке*.

Расстояние от фальца створки, куда устанавливается основной приводной механизм (привод), до центра отверстия под ручку называется «дорнмасс» (нем. Dornmass). Профили створок различных марок имеют различную толщину (см. главу 2), и, как следствие этого, основные приводы, входящие в комплект фурнитуры, могут иметь дорнмасс 6,5; 7; 14,5; 15,5; 16 мм и т.д. На рис. 7.2 показан профиль, на который будет устанавливаться привод, имеющий дорнмасс 14,5 мм.

Таким образом, в оконных профильных системах и фурнитуре существует единый принцип унификации, определенный немецкими стандартами, позволяющий объединить их в единую отработанную технологию при изготовлении окна.

При подборе фурнитуры используют размеры створки по фальцу (рис.7.3), для чего вычисляют две величины:

FFB (нем. FlugeFalzBreite) – ширина створки по фальцу;

FFH (нем. FlugeFalzHone) – высота створки по фальцу.

При этом для самого простого одностворчатого окна эти величины могут быть определены как

$$FFH = RH - (2 \times RPB) - (2 \times FL),$$

где

RH – габаритный размер окна по краю коробки (высота); RPH – высота профиля коробки; FL – фальцлюфт.

$$FFB = RB - (2 \times RPB) - (2 \times FL),$$

где

RB – габаритный размер окна по краю коробки (ширина); RPB – ширина профиля коробки; FL – фальцлюфт.

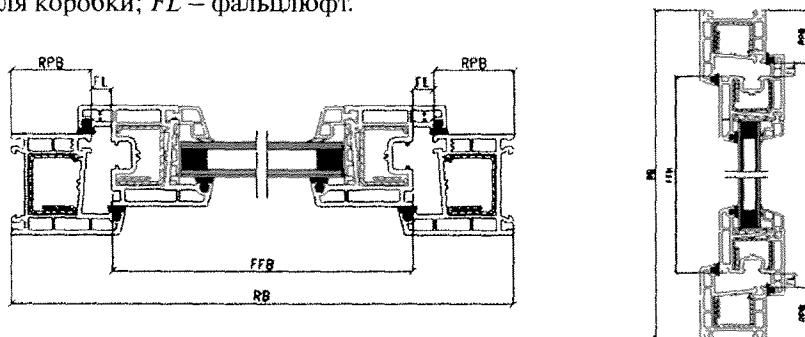


Рис. 7.3. Определение ширины и высоты створки по фальцу для одностворчатого окна

Для анализа **построения системы фурнитуры** как определенного набора изделий, образующих механизм, введем такое понятие как «комплект».

Под комплектом фурнитуры будем понимать группу деталей, устанавливаемых в определенной закономерности на оконный профиль и образующих единый механизм, предназначенный для выполнения заданных функций. Минимальным набором функций, вне зависимости от вида открывания, является: 1) открывание окна, достаточное для его обслуживания; 2) закрывание окна. Этим набором функций в любой системе фурнитуры определяется **базовый комплект**. В зависимости от вида открывания, базовый комплект может быть расширен за счет установки **дополнительных деталей**, имеющихся в любой развитой фурнитурной системе и предназначенных для выполнения таких функций, как ночное микропроветривание, блокировка ошибочного действия при повороте ручки вверх нужного угла, приводящего к высвобождению верхнего угла створки и т.п.

Приведем определение и краткое описание функций основных деталей фурнитуры, входящих в базовый комплект. В зависимости от типа открывания эти детали могут иметь свою конструктивную специфику, однако выполняемые ими основополагающие функции в целом остаются неизменными.

Из всего многообразия деталей и отдельных механизмов, образующих **базовый комплект**, можно выделить следующие группы:

1. основной механический привод (в некоторых источниках – главный механизм или основной запор);
2. группа механизмов, передающих движение через угол (угловые передачи);
3. ножничный кронштейн;
4. верхняя петлевая группа;
5. нижняя петлевая группа;
6. запорные планки (зацепы).

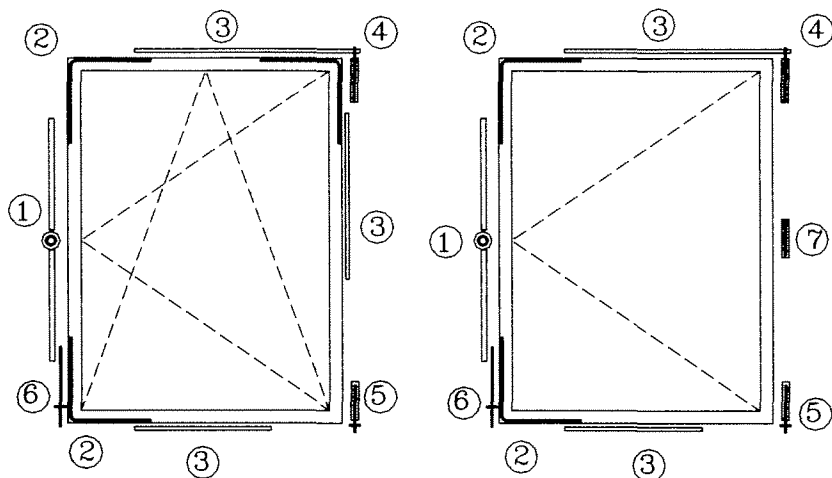


Рис. 7.4. Схема установки деталей базового комплекта на окна с различным типом открывания:

- 1 — основной привод; 2 — угловые передачи; 3 — ножничный кронштейн; 4 — верхняя петлевая группа, 5 — нижняя петлевая группа; 6 — поворотно-откидной запор; 7 — поворотная петля

Основной привод, в ряде источников — «основной механизм» (рис.7.5), является элементом, на который устанавливается оконная ручка. За счет поворота ручки осуществляется передача движения на все другие детали фурнитуры. В зависимости от проектно-технологического решения ручка может устанавливаться на фиксированной высоте от низа окна или в среднем положении. В соответствии с этим основные приводы, входящие в комплект фурнитуры, могут быть подразделены на *константные* (основной привод с фиксированным положением ручки) и *переменные* (основной привод с переменным положением ручки).



Рис. 7.5. Основной привод: сверху — с переменным положением ручки, внизу — с фиксированным положением ручки. Системы Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3/KF23

Угловая передача, в ряде источников «угловой переключатель» (рис. 7.6), предназначена для передачи движения через угол. Основным рабочим элементом угловой передачи являются четыре тонкие пластины из пружинной стали, не соединенные между собой по плоскости, но вместе с тем работающие совместно. Набор пластин помещен в обойму, изогнутую под углом с радиусом поворота, величина которого определяется глубиной фурнитурного паза. Размеры и толщина пластин подбираются таким образом, чтобы создать равномерное нагружение, обеспечивающее долговечность работы и отсутствие износа. Гибкость пластин определяет легкость хода фурнитуры.



Рис. 7.6. Угловая передача.

Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3

Ножничный кронштейн, в ряде источников «ножницы» (рис. 7.7), предназначен для обеспечения закрепления створки, находящейся в открытом положении, в верхней или боковой точке на раме. Ножничный кронштейн состоит из элементов рамной части (устанавливаемых на раме) и элементов створочной части (устанавливаемых на створке). В закрытом положении окна рамные и створочные элементы вщелкиваются друг в друга при помощи специальных запорных цапф. При открытом положении окна ножничный кронштейн разъединяется, а рамные и створочные элементы соединяются между собой за счет специальной тяги.

Ножничный кронштейн необходимо устанавливать как на поворот-

но-откидные, так и на поворотные окна. Конструкции кронштейнов для этих видов окон показаны на рис. 7.7.



**Рис. 7.7.
Ножничный
кронштейн:**

- а) для поворотноткидных створок,
- б) для поворотных створок.

Система
Siegenia-AUBI
FAVORIT Si-line KF3



Верхняя петлевая группа предназначена для закрепления створки на раме в верхней точке. Соединяется с рамной частью ножничного кронштейна и работает совместно с ним при открытом положении окна.

а)



б)

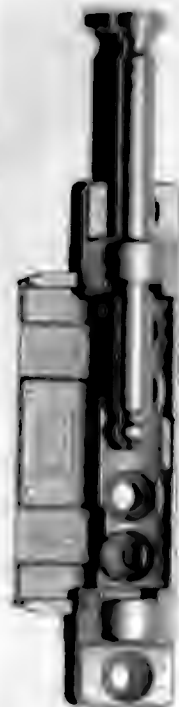


Рис. 7.8. Верхняя петля для окна из ПВХ.
Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3

Нижняя петлевая группа — петля сложной конструкции, предназначенная для закрепления створки на раме в нижней точке. Выполняет функции нижней опоры для окна, открытого как в режиме поворота, так и наклона.

Откидная запорная пластина устанавливается в нижнем углу окна, противоположном от нижней петли. Выполняет функции нижней опоры для окна, открытого в режиме наклона. Устанавливается на раме и работает совместно с откидным запором, устанавливаемым на створке.



Рис. 7.9. Нижняя (фальцевая) петля для окна из ПВХ.
Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3

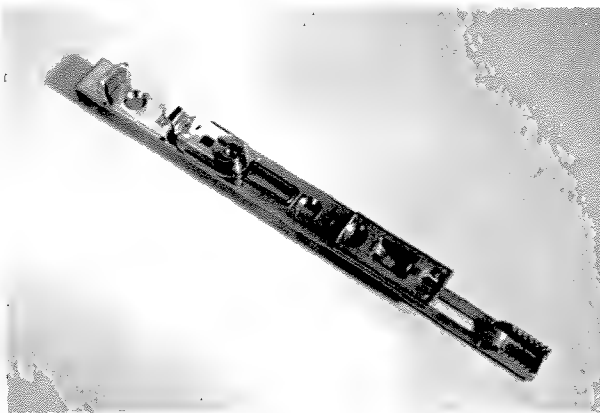


Рис. 7.10. Откидной запор
(поворотно-откидное устройство).
Система Siegenia-AUBI
FAVORIT Si-line KF3

7.3. НАКЛОННО-ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН ИЗ ПВХ

Рассмотрим принцип комплектации окна наиболее распространенной в настоящее время поворотно-откидной фурнитурой. На рис. 7.11 показан комплект поворотно-откидной фурнитуры для окна из ПВХ системы Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3. Форма окна — прямоугольная.

Все элементы, входящие в комплект, соединяются по периметру окна в единый механизм, образующий замкнутую силовую конструкцию, равномерно распределяющую постоянные (ветер, собственный вес створки) и кратковременные (ураганные порывы ветра, усилия, прикладываемые при открывании-закрывании) нагрузки, возникающие при работе фурнитуры. *За счет замкнутого контура механизма осуществляется равномерный прижим створки к раме по всему периметру окна.* Запирание осуществляется в отдельных точках, расположенных с определенным шагом, и называемых *точками запирания*. Максимальное расстояние между точками запирания зависит от типа профиля, и большинством производителей систем фурнитуры принимается равным 800 мм для окон из ПВХ и 1000 мм для окон из дерева.

Рассмотрим схему функционирования наклонно-поворотного механизма, представленную на рис. 7.12.

Прежде всего отметим, что *в принципе работы современной фурнитуры заложена схема передачи движения от ручки к точкам запирания по периметру окна посредством тяг, оснащенных запорными цапфами.*

Для открывания окна необходимо управлять тремя группами механизмов: 1) ножничным кронштейном, 2) откидным запором и 3) запорными цапфами. Управление осуществляется от главного привода через угловые передачи за счет плоских тяг. Подвижные тяги располагаются внутри фурнитурного паза под верхней планкой, неподвижно закрепляемой на профиле.

Этот принцип сохраняется одинаковым для всех производителей, хотя при этом каждая система имеет и свои отличительные особенности. В дальнейшем изложении приводятся ссылки на номера позиций комплекта, показанного выше (рис. 7.11).

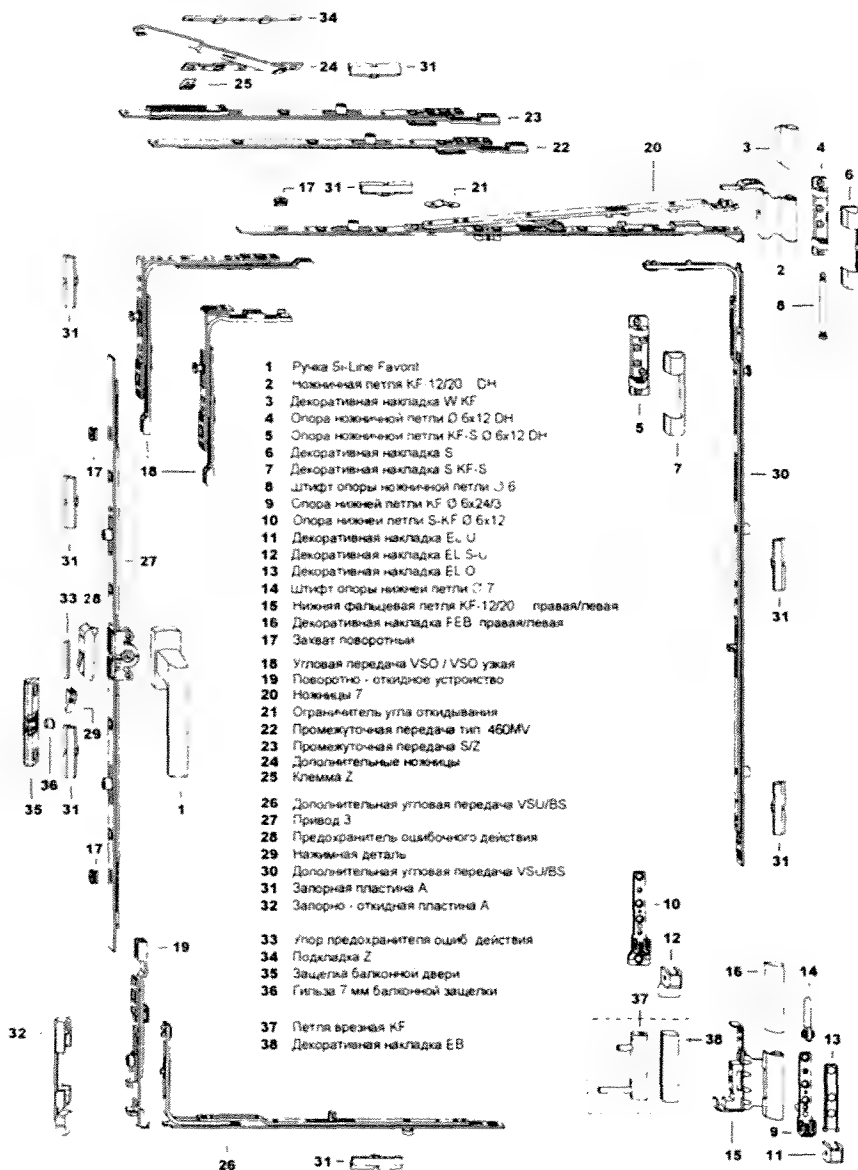
Favorit Si-Line KF 3

SIEGENIA AUBI

SCOLUTIONS NS D

Поворотно-откидная фурнитура для прямоугольных ПВХ окон с 12 мм межфальцевым зазором

Положение ручки - варьируемое по высоте



- 1 Ручка Si-Line Favorit
- 2 Ножице петли KF-12/20 ДН
- 3 Декоративная накладка VV KF
- 4 Опора ножице петли D 6x12 ДН
- 5 Опора ножице петли KF-S D 6x12 ДН
- 6 Декоративная накладка S
- 7 Декоративная накладка S KF-S
- 8 Штифт опоры ножице петли D 6
- 9 Опора ножице петли S-KF D 6x12/3
- 10 Опора ножице петли S-KF D 6x12
- 11 Декоративная накладка EL U
- 12 Декоративная накладка EL S-U
- 13 Декоративная накладка EL O
- 14 Штифт опоры ножице петли D 7
- 15 Ножице фальцевая петля KF-12/20 правая/левая
- 16 Декоративная накладка FEB правая/левая
- 17 Захват поворотный
- 18 Угловая передача VSO / VSO узкая
- 19 Поворотно - откидное устройство
- 20 Ножице 7
- 21 Ограничитель угла откидывания
- 22 Промежуточная передача тип 460MV
- 23 Промежуточная передача S/Z
- 24 Дополнительные ножицы
- 25 Клемма Z
- 26 Дополнительная угловая передача VSU/BS
- 27 Привод 3
- 28 Предохранитель ошибочного действия
- 29 Ножице деталь
- 30 Дополнительная угловая передача VSU/BS
- 31 Запорная пластина A
- 32 Запорно - откидная пластина A
- 33 Упор предохранителя ошиб. действия
- 34 Подкладка Z
- 35 Защелка балконной двери
- 36 Гильза 7 мм балконной защелки
- 37 Петля врезная KF
- 38 Декоративная накладка EB

Рис. 7.11. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ. Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3. Варьируемое по высоте положение ручки

Схема работы фурнитуры наклонно-поворотного окна

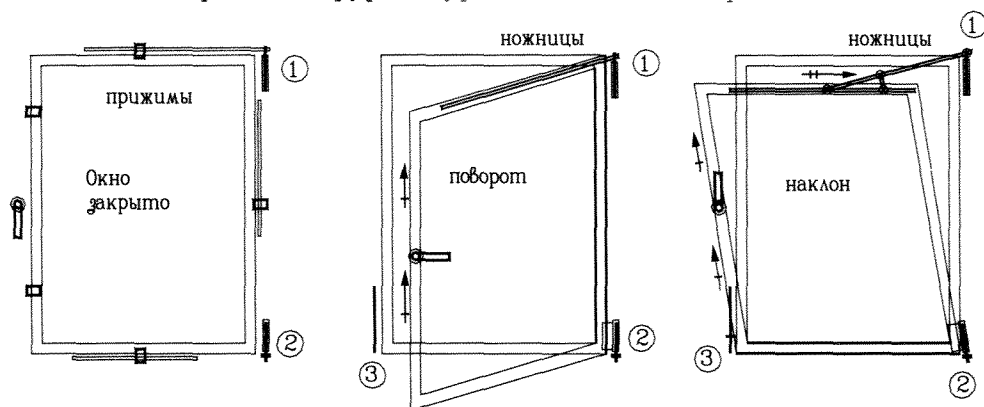


Рис. 7.12. Схема работы наклонно-поворотного механизма: 1 — ножничный кронштейн; 2 — нижняя петлевая группа; 3 — поворотн-откидная запорная пластина

Исходным будем считать положение окна, открытого в режиме поворота. При этом ручка находится в горизонтальном положении. Для того, чтобы закрыть окно, необходимо притворить створку и перевести ручку (поз. 1), установленную на основном приводе (поз. 27), из горизонтального положения в нижнее вертикальное. При этом движение передается через систему плоских тяг на **запорные цапфы**, что приводит к их смещению. Смещаясь вместе с тягами, запорные цапфы входят в зацепление с **запорными пластинами** (зацепами) (поз. 31), устанавливаемыми на раме в проектируемых точках прижима, и прижимают створку к раме, обеспечивая требуемое сжатие оконного уплотнителя. Движение от ручки на запорные цапфы передается по контуру окна через прямой угол за счет верхнего (поз. 18, 30) и нижнего (поз. 26), **угловых переключателей**. Основной привод и угловые переключатели, равно как и все другие элементы контурного механизма, соединены между собой посредством ленточных передач, выполняемых в виде зубчатой гребенки на конце каждого элемента. Места соединения элементов фурнитуры между собой в дальнейшем будем называть конструктивными **узлами сопряжения**.

Для перевода окна в наклон необходимо перевести ручку в верхнее вертикальное положение. В этом случае в движение приводятся не только запорные цапфы, но и другие элементы фурнитуры. Движение от ручки через основной привод и верхний угловой переключатель передается на **ножничный кронштейн** (поз. 20). Ножничный кронштейн разъединяется, что приводит к освобождению створки в районе **верхней петли**, как показано на рис. 7.13, несущая часть которой имеет сложную конструкцию и образуется несколькими элементами (поз. 4+8+2). Створка, таким образом, в верхней плоскости остается соединенной с коробкой только посредством ограничительной верхней части ножничного кронштейна. Одновременно с передачей движения вверх, нижняя запорная цапфа, устанавливаемая на откидном запоре (поз. 19), входит в зацепление с **пазом в откидной запорной пластине** (поз. 32), устанавливаемой на

раме внизу. Таким образом создается *узел наклона*, обеспечивающий первую точку опоры для створки в откинутом положении. Вторая точка опоры создается в *нижней петле* (поз. 9+14+13+15), сконструированной из нескольких элементов таким образом, чтобы обеспечить функцию не только поворота, но и наклона.



Рис. 7.13. Ножничный кронштейн разъединяется, что приводит к освобождению створки в районе верхней петли

В результате створка в откинутом положении (под углом $10 \dots 25^\circ$ — в зависимости от размера створки) оказывается закрепленной в трех точках: внизу — на нижней петле и откидной запорной пластине и сверху — за счет фиксации на верхней части ножничного кронштейна.

Для обеспечения необходимого расстояния между точками запираения, при большой высоте и ширине створки применяют *вертикальные и горизонтальные удлинители (промежуточные передачи)* (поз. 22, 23) различных размеров. Запорные цапфы, установленные на удлинителях, обеспечивают необходимые *дополнительные точки запираения*.

Для приподнимания створки при закрывании окна, на механизм ручки устанавливается *захват (микролифт)*, выполняемый в виде вилкообразной пластины и создающий дополнительное подъемное усилие при закрывании створки.

Конструктивные решения, реализованные в модуле (рис. 7.11), являются принципиально одинаковыми для всех производителей фурнитуры, однако в некоторых системах можно увидеть отдельные узлы, работа которых значительно улучшает надежность комплекта в целом. Такие отличия можно увидеть на примере комплекта поворотно-откидной фурнитуры для окна из ПВХ системы Siegenia-AUBI A 300, который показан на рис. 7.14.

Характерным отличием системы Siegenia-AUBI A 300, прекрасно зарекомендовавшей себя в Европе и Украине с точки зрения надежности, являются прижимные ролики качения, устанавливаемые на элементах периметрального механизма вместо запорных цапф. Ролики, свободно вращающиеся вокруг своей оси, легко входят в крепежные прорези запорных пластин, что фактически устраняет трение и обеспечивает отсутствие износа. Весь механизм при этом имеет более мягкий и легкий ход при закрывании и открывании по сравнению с механизмами, имеющими жесткие запорные цапфы.

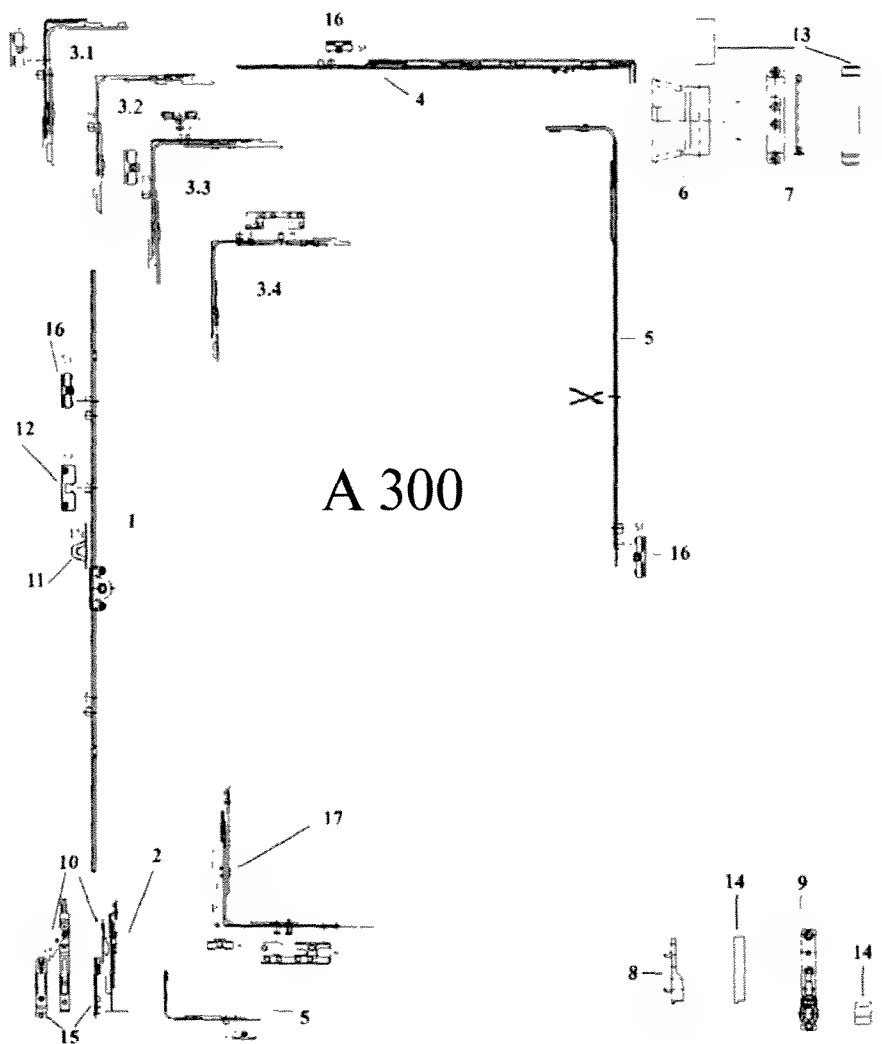


Рис. 7.14. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ.

Система Siegenia-AUBI A 300: 1 – основной привод; (2) – поворотно-откидной запор; 15 – поворотно-откидная запорная пластина; 10 – поворотно-откидной запор с устройством подъема створки; 3 – верхние угловые передачи; 4 – ножничный кронштейн, 5, 17 – нижняя угловая передача; 5' – верхняя угловая передача с удлинителем; (6+7) – верхняя петлевая группа; (8+9) – нижняя петлевая группа; 12, 16 – защепы, 11 – блокиратор поворота ручки; 13, 14 – декоративные накладки на петли

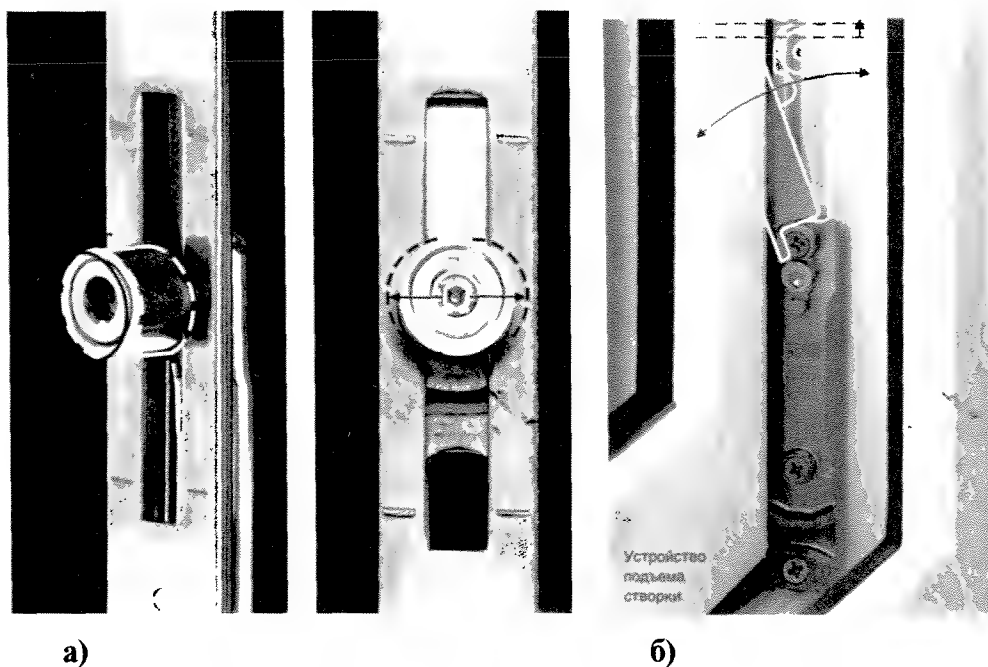


Рис. 7.15. а) прижимные запорные ролики; б) устройство подъема створки.
Система Siegenia-AUBI A 300

В системе Siegenia-AUBI A 300 микролифт расположен в крайней нижней точке на стороне ручки (поз. 10, рис. 7.14) и называется *устройством подъема створки*. Устройство подъема створки позволяет создать дополнительную опору для окна в открытом положении и снимает, таким образом, часть нагрузки с ножничного кронштейна.

Кроме того, для окон из ПВХ такое решение фурнитуры принципиально важно с точки зрения высокого коэффициента температурного расширения и малого модуля упругости. Как уже отмечалось в главе 2, створка из ПВХ не имеет идеальной жесткости и в процессе эксплуатации имеет тенденцию к деформации и отвисанию. На сегодняшний день в нашей стране хорошо известны проблемы с закрыванием ПВХ-окон в летнее время, особенно ориентированных на южную сторону.

Устройство подъема створки в этом случае срабатывает в качестве подъемного рычага, усилие от которого прикладывается как раз в наиболее отвисающей точке.

На рис. 7.15 показана конструкция прижимных запорных роликов и устройства подъема створки системы Siegenia-AUBI A 300.

7.4. ПРОТИВОВЗЛОМНАЯ ФУРНИТУРА

Как уже отмечалось, окна индивидуальных домов и первых этажей многоквартирных зданий являются слабым местом с точки зрения квартирных краж. По данным как отечественных, так и зарубежных правоохранительных органов, окна из ПВХ являются в этом отношении наиболее уязвимыми. Практически любой относительно опытный взломщик может открыть окно из ПВХ в течение 10-ти минут.

В настоящее время в Европе достаточно очевидно прослеживается тенденция на замену стандартных систем фурнитуры для окон из ПВХ на системы нового поколения — противовзломную фурнитуру. Принципиальным отличием противовзломной фурнитуры является наличие одной или нескольких точек запираения, в которых на раме устанавливается специальный мощный зацеп, в который входит запорная цапфа со шляпкой в виде грибка, как показано на рис. 7.16.

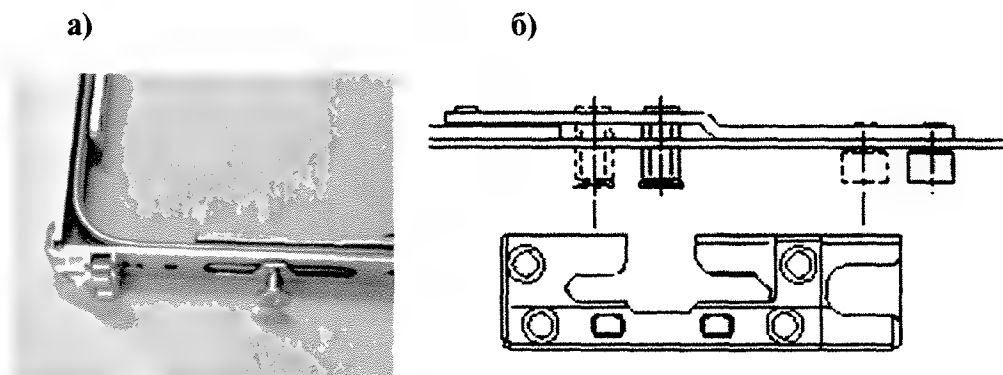


Рис. 7.16. Зацеп и запорный грибок противовзломной фурнитуры: а) Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3 Базовая безопасность. б) Система Siegenia-AUBI Safety PLUS

В системе Siegenia-AUBI Safety PLUS реализована отдельная работа прижимного ролика и запорного противовзломного штифта в так называемой двойной системе запираения (рис. 7.16 б). Прижимный ролик и противовзломный штифт со шляпкой располагаются на небольшом расстоянии друг от друга. При положении створки «закрыто» ролик перемещается в зацеп, обеспечивая таким образом прижим уплотнения. Окно становится непроницаемым для сквозняка и дождя. Штифт со шляпкой расположен таким образом, что он перемещается во вторую очередь и входит без трения в зацеп. Таким образом обеспечивается легкое управление и одновременно снижается износ деталей. Оба запорных элемента расположены на незначительном расстоянии друг от друга, поэтому для них достаточно одного общего зацепа, что облегчает монтаж фурнитуры на окне.

Принципиально другое конструктивное решение реализовано в системе «Siegenia- FAVORIT Si-line KF3 - Базовая безопасность», комплект фурнитуры которой показан на рис. 7.17. Противовзломный штифт установлен на угловой передаче (поз.19), в которой одновременно совмещаются несколько функций:

- передача движения через угол;
- защита от взлома;
- дополнительная опора при открывании окна в режиме наклона.

В откинутом положении окна, таким образом, запорный штифт на поворотно-откидной ответной планки системы «Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3 - Базовая безопасность», выполняет роль дополнительной опоры.

Favorit Si-Line KF 3

Базовая безопасность

SIEGENIA AUBI

SOLUTIONS INSIDE

Поворотнo-откидная фурнитура для прямо-
угольных ПВХ окон с 12 мм межфаль-
цевым зазором

Положение ручки - варьируемое по высоте

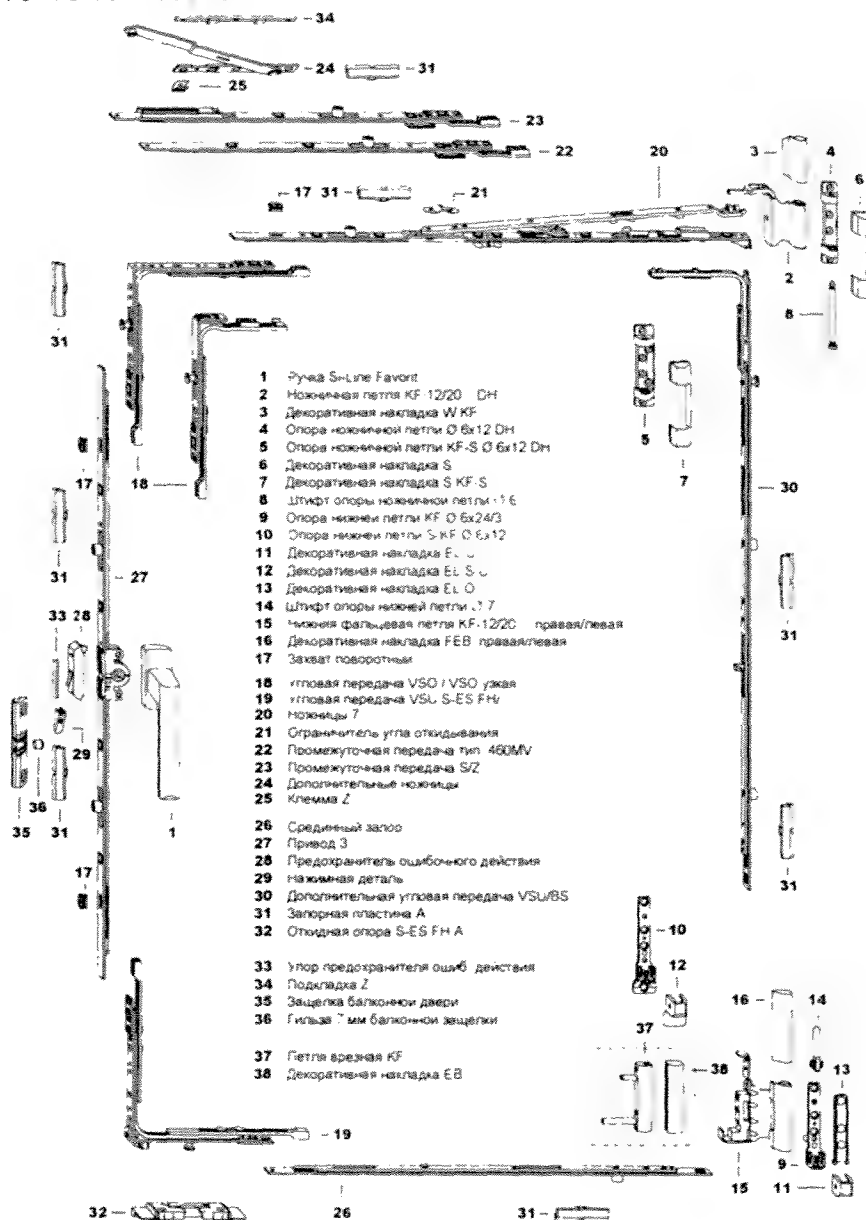


Рис. 7.17. Комплект противовзломной поворотнo-откидной фурнитуры для окон из ПВХ.
Система «Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3- базовая безопасность». Варьируемое по высоте положение ручки. 19 – угловая передача с роликовым микролифтом и противовзломной цапфой; 32 – противовзломный зацеп

Совмещение нескольких функций в одном элементе упрощает монтаж фурнитуры, при этом уменьшается количество элементов, минимально необходимое в комплекте.

Количество противовзломных зацепов определяет принадлежность фурнитурного модуля к определенному **классу безопасности**. Чем выше класс безопасности, тем больше противовзломных зацепов устанавливается в комплект (от 1 до 4 шт).

Независимо от реализуемых конструктивных решений, противовзломная фурнитура должна соответствовать требованиям общеевропейских норм, краткое разъяснение которых имеет смысл привести ниже, поскольку в рекламной литературе и сопроводительной документации на окна могут иметься ссылки на: 1) директиву AhS; 2) стандарт RAL RG 607/13; 3) стандарт DIN V ENV 1627-1630.

При определении **класса защиты по директиве AhS** учитывается воздействие инструментов, которыми пользуются непрофессиональные взломщики, т.е. различных отверток. Во время испытаний вместо отвертки используется специальный ключ, который воздействует на окно в области углов. Для этого вокруг каждого угла в области фальца пробиваются по 2 отверстия, в которые помещается ключ. Область фальца трижды подвергается воздействию ключа с заданным вращающим моментом. При этом запирающие устройства не должны выходить из строя. Затем на центральную часть створки в течение одной минуты воздействует сила, равная 700 Н. В результате этого воздействия не должно возникать отверстия, которое позволило бы проникнуть в помещение.

Согласно директиве AhS различаются два класса защиты:

1 класс защиты — AhS STANDARD выдерживает воздействие стандартной отвертки с шириной рабочего конца 8 мм (испытательный ключ устанавливается на 200 нм).

2 класс защиты — AhS EXTRA выдерживает воздействие при помощи стандартной отвертки с шириной рабочего конца 14 мм (испытательный ключ устанавливается на 300 нм).

Сила, воздействующая на каждую отдельную точку запираения, может достигать 10 кн (1 тонна). Требования, изложенные в директиве, распространяются главным образом на фурнитуру. Противовзломные стеклопакеты и защитные накладки на замок рекомендуются, но не являются обязательными. Ручка с блокирующим устройством или замком является, наоборот, обязательным условием.

Если фурнитура успешно выдерживает первичные испытания, проводимые Объединением контроля качества замков и фурнитуры Германии, и соответствует всем действующим стандартам, производитель фурнитуры имеет право подать заявление на присвоение своей продукции **знака качества RAL**. Окно, оснащенное подобной фурнитурой, с ручкой с блокирующим устройством и зацепами, которые крепятся в усилители профилей из ПВХ, может обозначаться как **«окно, соответствующее классу защиты AhS Standard или Extra по RAL-RG 607/13»**. Данное наименование может быть подтверждено сертификатом, выданным одним из аккредитованных институтов.

В мае 1999 г. был опубликован проект общеевропейского стандарта **ENV 1627 - 1630**. В Германии этот стандарт был принят под названием **DIN V ENV 1627 - 1630**. При этом новые стандарты не отменяют директиву AhS. Стандарт **DIN V ENV 1627**

содержит общие требования к противовзломным окнам и классификацию окон по степени защиты. В стандарте 1628 определяются статические нагрузки, в стандарте 1629 – подвижные нагрузки. В стандарте 1630 описывается испытание на взлом с применением ручных инструментов. Требования, изложенные в данных стандартах, распространяются на окна, двери, ворота и другие фасадные элементы, например, рольставни и откидные ставни. Требования стандарта **DIN V ENV 1627 - 1630** отражены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Требования к фурнитуре различных классов безопасности
(стандарт DIN V ENV 1627 - 1630)**

КЛАСС ПРОТИ- ВОВЗЛОМНОСТИ	ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПЫТКИ ВЗЛОМА	ВРЕМЯ ВЗЛОМА, МИН	ВЕРОЯТНОСТЬ ВЗЛОМА	ПОВРЕЖДЕНИЯ
W K 1	С применением физической силы без каких-либо специальных приспособлений – выдавливание плечом, удар	–	невысокая	Незначительные
W K 2	С применением простых инструментов – отвертки, клещей, клиньев	3	средняя	Средние
W K 3	С применением шуруповерта и «фомки»	5	высокая	Средние
W K 4	С применением пилящего или ударного инструмента – молотка, зубила, топора	10	невысокая	От средних до высоких
W K 5	С применением электроинструментов – электропилы, электродрели, «болгарки»	15	средняя	Высокие
W K 6	Высокомощный электроинструмент	20	высокая	Высокие

В противовзломной фурнитуре существуют специфические требования к режиму проветривания. Так, в системе Siegenia-AUBI SAFETY PLUS разработано решение параллельного выставления створки, как показано на рис. 7.18. Вместо принятого в наклонно-поворотных окнах щелевого проветривания в режиме наклона, эта фурнитура выставляет всю створку параллельно раме при зазоре в 6 мм. В зависимости от системы уплотнения возникает зазор 3-4 мм, не страшный для окна при дожде. Этого зазора достаточно для микровентиляции помещения, а окно кажется закрытым – создается зрительный психологический обман. При этом отставленное окно сохраняет все функции противовзломной защиты.



Рис 7.18. Фурнитура параллельного выставления створки. Система Siegenia-AUBI SAFETY PLUS

Таким образом, выше были рассмотрены основные конструктивные решения, заложенные в принципе работы наклонно-поворотной фурнитуры для окон из ПВХ. Как уже отмечалось, все эти решения (включая противовзломную фурнитуру), могут быть реализованы также и для окон, имеющих непрямоугольную форму — трапецевидных, арочных, и полуарочных. Для трапецевидных окон при этом определяющей является конструкция верхнего углового переключателя, имеющего определенный угол (отличный от 90°), а для арочных окон — ножницы, устанавливаемые в вертикальном положении. Более подробная графическая информация по конструкции таких окон приведена в прил. 9.

7.5. НАКЛОННО-ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН ИЗ ДЕРЕВА

Конструктивные решения комплексного периметрального механизма наклонно-поворотной фурнитуры для окон из дерева в общих чертах не отличаются от своих аналогов для ПВХ-окон. Принципиальное различие заключается в конструкции зацепов (ответных планок) и петлевой группы, работа которой будет рассмотрена ниже в разделе 7.11. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окна из дерева системы Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line показан на рис. 7.19.

Из рисунка нетрудно заметить упомянутые конструктивные отличия зацепов и петлевой группы.

Запорные пластины (зацепы), в отличие от фурнитуры для ПВХ, в фурнитуре для дерева крепятся двумя шурупами и имеют другую форму. Зацеп для окон из ПВХ имеет крепежное ребро, за счет которого он вщелкивается в профиль, и затем дополнительно закрепляется одним центральным шурупом. При этом для каждого ПВХ-профиля, относящегося к определенной системе по фурнитуре (см. раздел 7.2), разработаны свои зацепы, прочно удерживающиеся в профиле за счет трения при нагрузках закрывания-открывания окна, передающихся на ответные планки через запорные язычки или ролики.

Зацеп для дерева удерживается двумя крепежными саморезами, которые, наряду с плоским основанием зацепа, обеспечивающим трение, воспринимают усилия закрывания-открывания.

Favorit Si-Line 312 Поворотно-откидная фурнитура для прямоугольных деревянных окон с 12 мм межфальцевым зазором
SIEGENIA AUBI
 Положение ручки - варьируемое по высоте

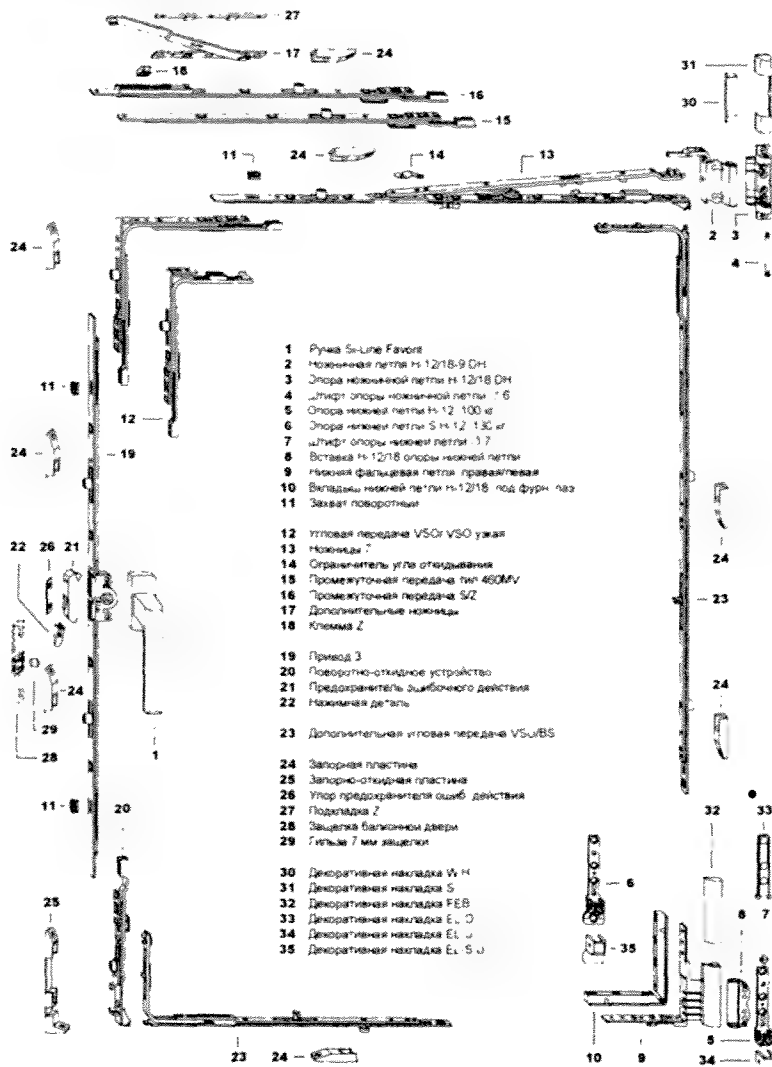


Рис. 7.19. Комплект поворотной-откидной фурнитуры для окон из дерева.
 Система «Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line». Варьируемое по высоте положение ручки

Специфика решения петлевой группы заключается в необходимости возможной ликвидации усилий местного смятия и скалывания древесины. В фурнитурном комплекте (см. рис. 7.19.) хорошо видно наличие *дистанционной вставки* из пластика (поз.10), устанавливаемой под наиболее нагруженную нижнюю петлю и предохраняющей древесину от смятия в области фурнитурного паза.

Аналогично ПВХ, фурнитура для дерева может быть установлена на трапецевидные, арочные и полуарочные окна; при этом она также может быть выполнена в противовзломном варианте.

7.6. НАКЛОННО-ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН ИЗ АЛЮМИНИЯ

Фурнитура для алюминиевых окон имеет ряд принципиальных отличий от фурнитуры для дерева и ПВХ. Характерной особенностью является специфическая комплектация, в которой отсутствуют тяги, соединяющие между собой отдельные узлы. Для алюминиевой фурнитуры поэтому вместо термина «комплект», как правило, употребляется термин «набор».

Исторически сложилось так, что промежуточные приводные тяги поставляются непосредственно производителем алюминиевого профиля, при этом производителями фурнитуры на своих элементах предусматривается простой круглый штифт для их крепления (в отличие от реечных передач в дереве и пластике). Таким образом, достигается определенная унификация фурнитуры по отношению к различным производителям алюминиевых профилей.

По типу фурнитурного паза алюминиевые профили подразделяются на профили с прямым пазом и профили с С-образным пазом. Конструкция паза алюминиевого профиля позволяет закреплять детали фурнитуры при помощи специальных клемм, не применяя шурупы. Соответственно для алюминиевых окон существует так называемая «клеммная» или «зажимная» фурнитура. **Комплект** поворотно-откидной фурнитуры для окон из алюминия показан на рис. 7.20.

7.7. ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА

В современных оконных технологиях *поворотную фурнитуру принято рассматривать как упрощенный вариант наклонно-поворотного модуля*. Фурнитура для поворотных створок принципиально отличается от наклонно-поворотной только отсутствием функции наклона. При этом вместо поворотно-откидных ножиц устанавливаются *поворотные ножницы* (рис. 7.7б). Вариант **комплекта** фурнитуры поворотного окна показан на рис. 7.21.

Из рисунка (рис. 7.21) нетрудно заметить, что *для поворотного окна, также как и для поворотно-откидного, сохраняется принцип контурного механизма с прижимом к раме в точках с заданным шагом*. Характерным отличием поворотной створки является возможность установки одной или двух средних петель (поз. 3+4, поз. 17). В системе Siegenia-AUBI разработаны скрытые средние прижимы для поворотных створок, которые могут быть установлены вместо средних петель.

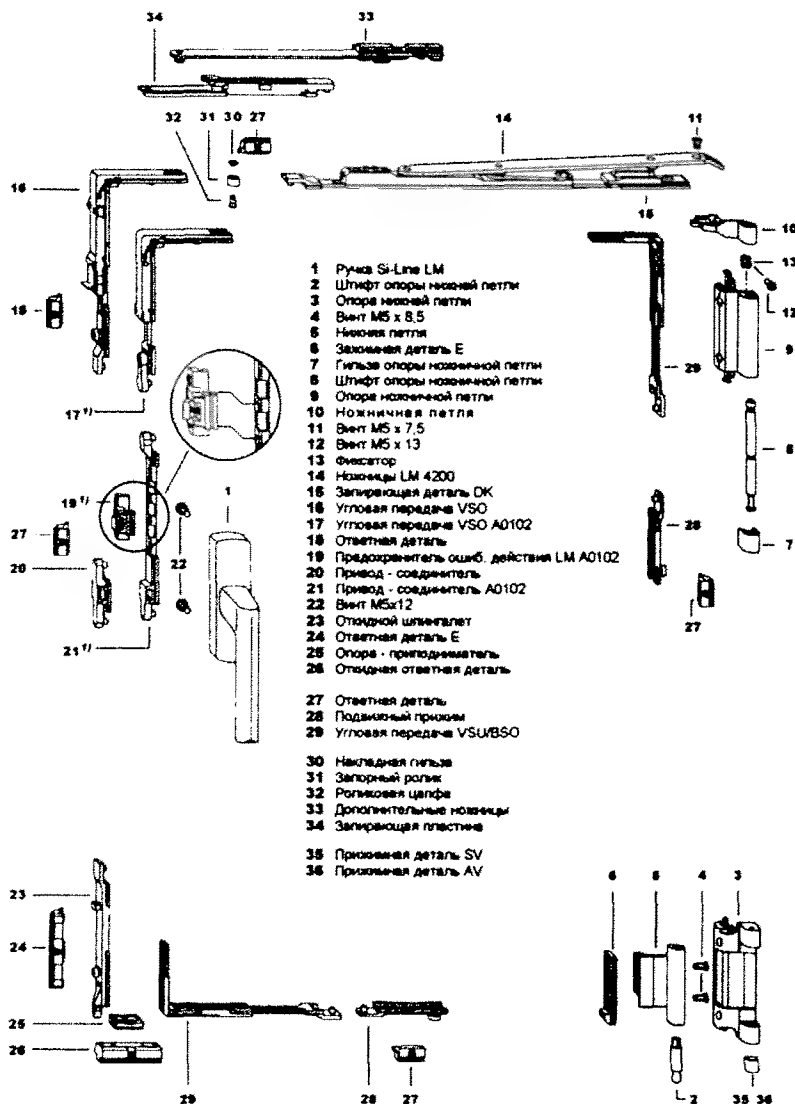
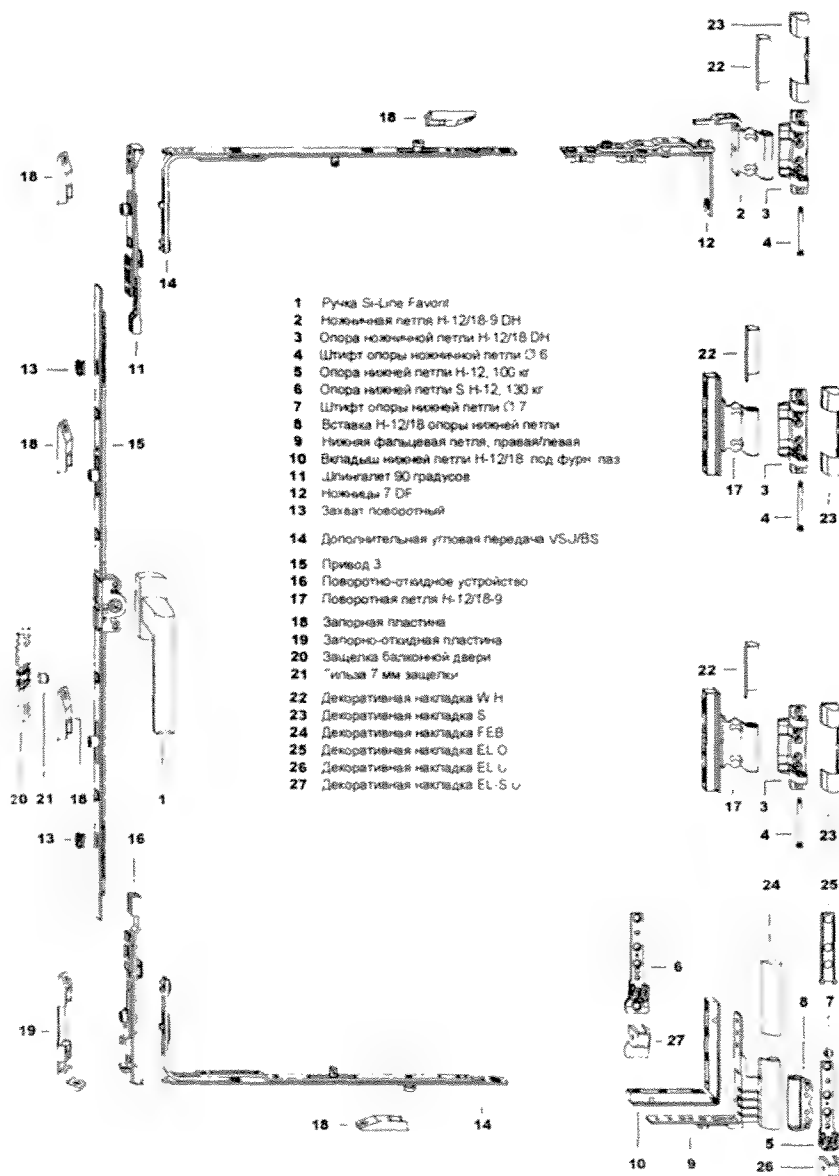


Рис. 7.20. Комплект поворотнo-откидной фурнитуры для окон из Алюминия.
 Система «LM 4200 D Si»



- 1 Ручка Si-Line Favorit
- 2 Ножевая петля H-12/18-9 DH
- 3 Опора ножевой петли H-12/18 DH
- 4 Штифт опоры ножевой петли Ø 6
- 5 Опора нижней петли H-12, 100 кг
- 6 Опора нижней петли S H-12, 130 кг
- 7 Штифт опоры нижней петли (1.7)
- 8 Вставка H-12/18 опоры нижней петли
- 9 Нижняя фальцевая петля, правая/левая
- 10 Вкладыш нижней петли H-12/18 под фурн. паз
- 11 Шлифоваль 90 градусов
- 12 Ножицы 7 DF
- 13 Захват поворотный
- 14 Дополнительная угловая передача V5/JBS
- 15 Привод 3
- 16 Поворотно-откидное устройство
- 17 Поворотная петля H-12/18-9
- 18 Запорная пластина
- 19 Запорно-откидная пластина
- 20 Защелка балконной двери
- 21 Тильда 7 мм защелки
- 22 Декоративная накладка W H
- 23 Декоративная накладка S
- 24 Декоративная накладка F.E.B
- 25 Декоративная накладка E.L.O
- 26 Декоративная накладка E.L.U
- 27 Декоративная накладка E.L.S U

Рис. 7.21. Комплект поворотной фурнитуры для окон из дерева.
Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line

7.8. ФУРНИТУРА ДЛЯ ФРАМУГ

Разновидностью поворотной фурнитуры является фурнитура, предназначенная для открывания нижнеподвесных поворотных окон — фрамуг. Фрамужное открывание применяется для створок, ширина которых превышает высоту, т.е. в том случае, когда поворотное открывание вокруг вертикальной оси невозможно (см. нагрузочные диаграммы раздела 7.12).

Фрамуги удобны для окон, расположенных на значительной высоте от пола, поскольку могут комплектоваться *ручными и автоматическими приводами дистанционного открывания*. Фрамужная фурнитура при относительной простоте конструкции имеет хорошие возможности с точки зрения нескольких режимов проветривания. Комплект фурнитуры для фрамужного окна показан на рис. 7.22.

На рисунке (рис. 7.22) хорошо видно, что фрамужное окно не имеет прижимов по короткой стороне (по высоте). Из этого следует, что *фрамужные окна не следует проектировать высотой более 800 мм из ПВХ и 1000 мм из дерева, что соответствует предельно допустимому расстоянию между точками запираия.*

Favorit Si-Line 312 KippF
SIEGENIA AUBI
 SOLUTIONS INSIDE

Откидная фурнитура для прямоугольных
 деревянных окон с 12 мм межфальцевым
 зазором
 Положение ручки - центральное

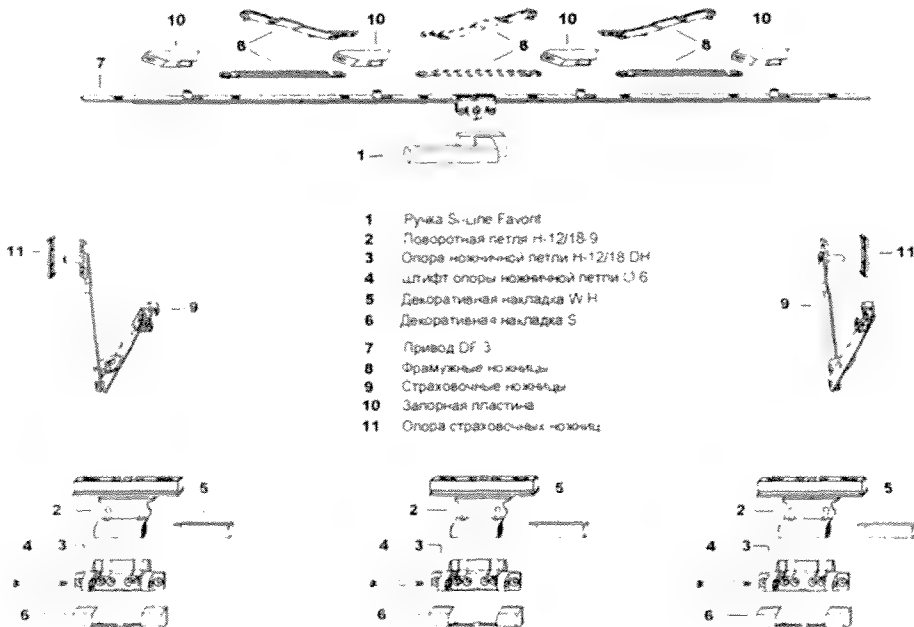


Рис. 7.22. Комплект поворотной фурнитуры для фрамужного окна.
 Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line

Прижим фрамужного окна по нижней стороне осуществляется за счет петлевой группы, а сверху – прижимными язычками или роликами основного механизма.

На рис. 7.23 показаны различные режимы проветривания фрамужного окна (ступенчатое откидывание), реализованные за счет специального *рычага управления*, устанавливаемого в комплект фрамужной фурнитуры вместо стандартных страховочных ножниц.

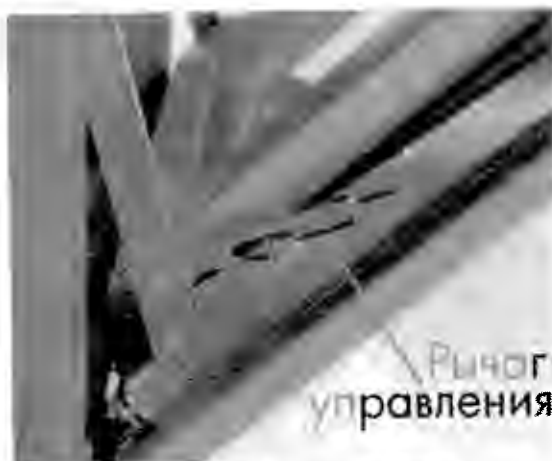


Рис. 7.23. Ступенчатое откидывание фрамужного окна. Система AUBI 300

7.9. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТКРЫВАНИЯ

Для фрамужных окон, расположенных на большой высоте компанией SIEGENIA-AUBI KG разработан целый спектр устройств, позволяющих открывать и закрывать окна автоматически. Эти устройства делятся по мощности, по скорости открывания, по величине открывания.

В цепных приводах используется специальная цепь, которая при закрытом окне располагается в корпусе вдоль рамы и не занимает много места.



Рис. 7.24. Цепной привод производства компании SIEGENIA-AUBI KG

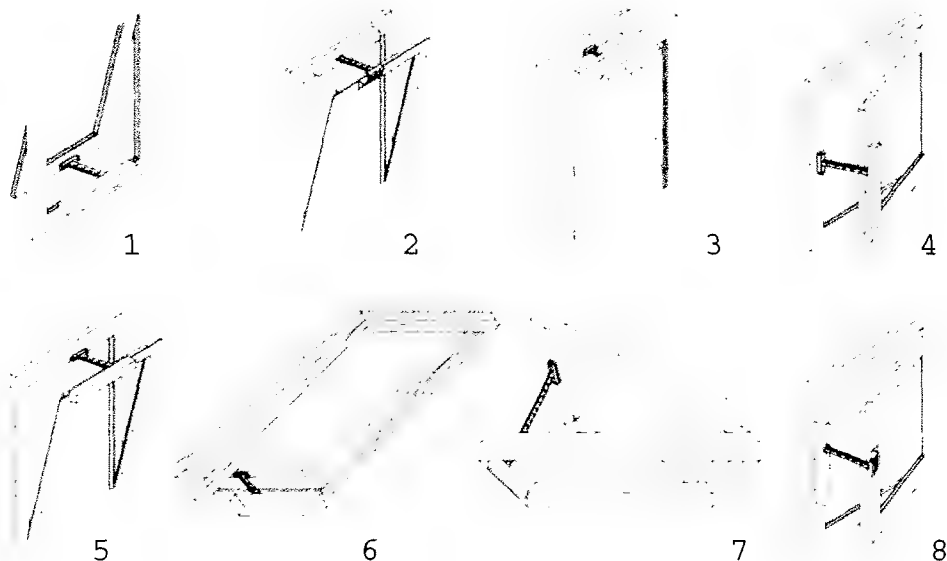


Рис. 7.25. Варианты применения цепных приводов: 1 — открытие наружу; 2 — открытие внутрь; 3 — открытие наружу; 4 — открытие поворотной створки, монтаж привода на створке; 5 — монтаж привода на створке; 6 — открытие мансардного окна; 7 — открытие куполов освещения; 8 — открытие поворотной створки, монтаж привода на раме

Более мощные устройства, способные приподнимать светопрозрачные купола на крышах зданий, состоят из стальной штанги с зубчатым приводом. Для приподнятия очень тяжелых конструкций может использоваться одновременно несколько таких устройств, работающих синхронно.

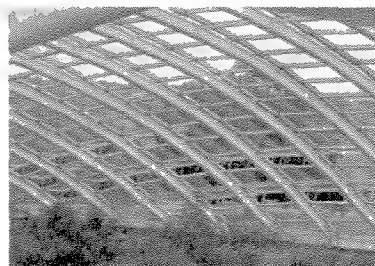
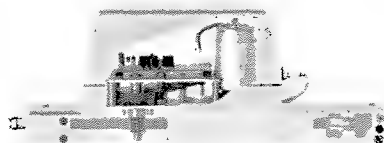


Рис. 7.26. Штанговый зубчатый привод производства компании SIEGENIA-AUBI KG

Таблица 7.2

Виды автоматических приводов производства компании SIEGENIA-AUBI KG

Тип	Модель	Мощность		Подъем	24V	230V
Цепной привод	KA 21 SI	150N	200N	350 мм	X	
Цепной привод	KA 22 SI	150N	200N	350 – 600 мм	X	
Цепной привод	KA 32 SI	300N		350 – 800 мм	X	X
Цепной привод	KA 50 SI	500N		500 мм	X	X
Цепной привод	KA 64-TW 1 SI	130N – 250N		600 мм	X	X
Цепной привод	VCD 22 SI	150N – 200N		150 – 350 мм	X	
Цепной привод	ACI 22 SI	150N – 200N		150 – 350 мм		X
Штанговый зубчатый привод	ZA 31 SI	300N		600 мм	X	X
Штанговый зубчатый привод	ZA 81 SI	800N		600 мм	X	X
Штанговый зубчатый привод	ZA 103 SI	1000N		600 мм		X
Штанговый зубчатый привод	ZA 101 SI	1000N		800 мм	X	X
Штанговый зубчатый привод	ZA 153 SI	1500N		485 мм	X	

Все выше перечисленные устройства могут быть подключены к общей системе пожарной сигнализации здания. При срабатывании датчиков они автоматически открывают окна для проветривания помещения. Это необходимо потому, что при пожаре люди, в основном, задыхаются дымом, а не страдают от огня. Все автоматические устройства открывания сохраняют свою работоспособность до температуры 300°C.

Большое выделение тепла способствует тому, что огромное количество дыма заполняет помещение и делает невозможным активное или пассивное спасение людей. Наполнение здания раскаленными продуктами горения может привести к его падению.



Устройства автоматического открывания служат для отведения дыма и тепла в случае пожара. Спасательные службы имеют больше возможностей для эвакуации пострадавших.



7.10. НАКЛОННО-СДВИЖНАЯ ФУРНИТУРА

Наклонно-сдвижная фурнитура предназначена для окон и дверей из ПВХ и дерева с возможностью откидывания створки. При этом обеспечивается плотное запирание створки по всему периметру. Наклонно-сдвижная фурнитура не требует специального профиля, а монтируется в стандартный оконный профиль из ПВХ, дерева или алюминия.

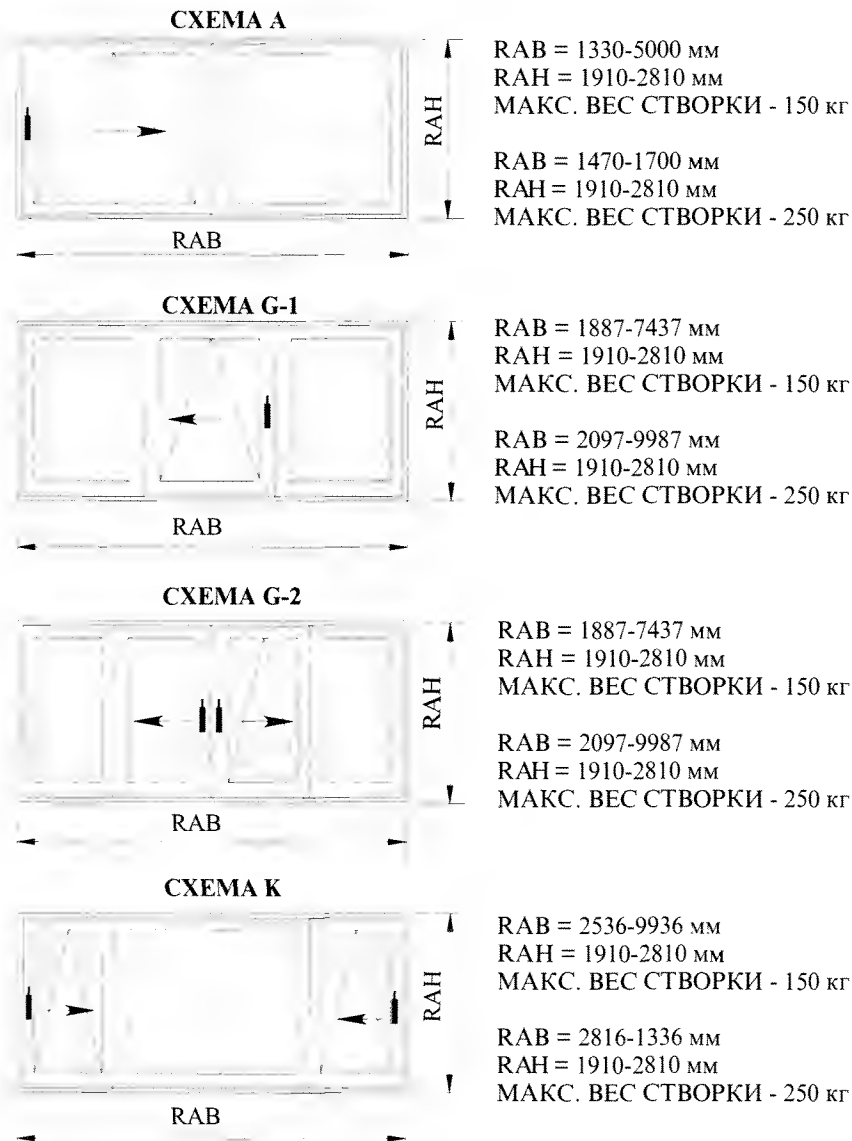


Рис. 7.27. Схемы открывания окон и дверей, оборудованных наклонно-сдвижной фурнитурой.
Система Siegenia-AUBI PSK PORTAL 200 Z

но — и пространственную жесткость рамы и створки по отношению к температурным деформациям. Створка при этом оказывается в наиболее уязвимом положении, поскольку не может быть закреплена как рама по всему периметру.

Пространственная жесткость окон из ПВХ создается стеклопакетом и элементами периметральной фурнитуры. При этом, если стеклопакет, создавая жесткость, одновременно создает и нагружение створки, то фурнитурный механизм работает с точки зрения пространственной жесткости исключительно как связь за счет наличия в ней угловых элементов.

Для наклонно-поворотной фурнитуры, имеющей три угловых переключателя, необходима нижняя петлевая группа, совмещающая функции поворота и наклона (раздел 7.14). Добавление четвертого (нижнего у петли) угла приведет к значительному усложнению и удорожанию комплекта. Конструктивно это решение реализовано в поворотноткидной фурнитуре для нестандартных окон — трапецевидных и арочных (см. прил. 9), где движение на ножницы передается через нижний угол, где установлена петля.

В наклонно-сдвижной системе при отсутствии петлевой группы органично реализуется принцип полностью замкнутого механизма, имеющего четыре жестких угла. Створка, таким образом, оказывается обвязанной по всему периметру стальным силовым контуром.

7.11. ПОДЪЕМНО-СДВИЖНАЯ ФУРНИТУРА

Подъемно-сдвижная фурнитура предназначена больше для дверей из дерева и ПВХ. Уплотнение в закрытом положении достигается путем опускания створки. Эта система отличается минимальным перепадом между наружной и внутренней частью помещения и отсутствием порога. Может комплектоваться системным цилиндром и иметь класс безопасности до WK3.

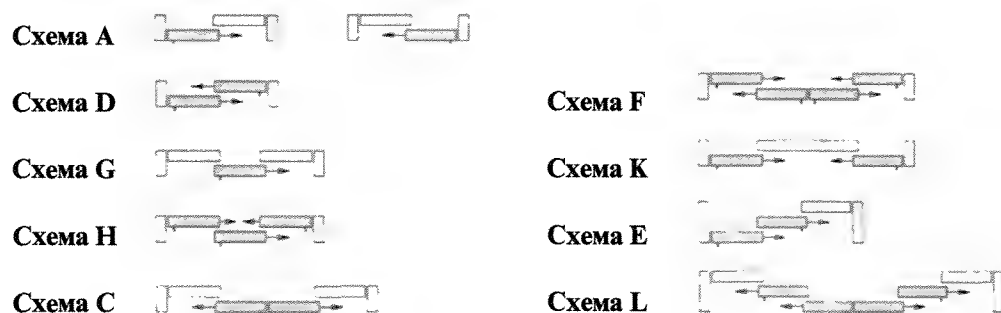


Рис. 7.29. Схемы открывания фурнитуры системы SIEGENIA-AUBI HS-PORTAL

На рис. 7.29 приведены возможные схемы открывания фурнитуры системы SIEGENIA-AUBI HS-PORTAL. В этой системе принимаются следующие ограничения по размерам непосредственно движущейся створки:

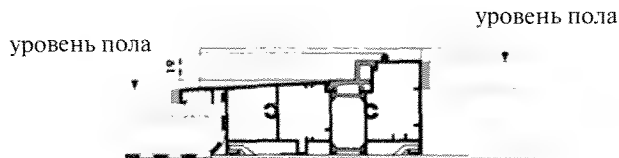


Рис. 7.30. Нижняя направляющая HS-PORTAL

- высота створки: FH = 1175 – 2675 мм;
- ширина створки: FB = 720 – 3335 мм;
- максимальный вес створки: 250 кг.

При установке дополнительных деталей получаем подъемно-сдвижную-откидную систему HSK-PORTAL с возможностью откидывания створки.

7.12. СДВИЖНАЯ-СКЛАДНАЯ ФУРНИТУРА

Сдвижная-складная фурнитура предназначена для окон и дверей из дерева, ПВХ и алюминия. Эта фурнитура обеспечивает плотное запираение створки по всему периметру и возможность откидывания одной створки в некоторых схемах исполнения. Используется стандартный оконный профиль, по сути многостворчатое шتупльовое окно.

На рис. 7.31 приведены возможные схемы открывания фурнитуры системы SIEGENIA-AUBI FS-PORTAL. В этой системе принимаются следующие ограничения по размерам непосредственно движущейся створки:

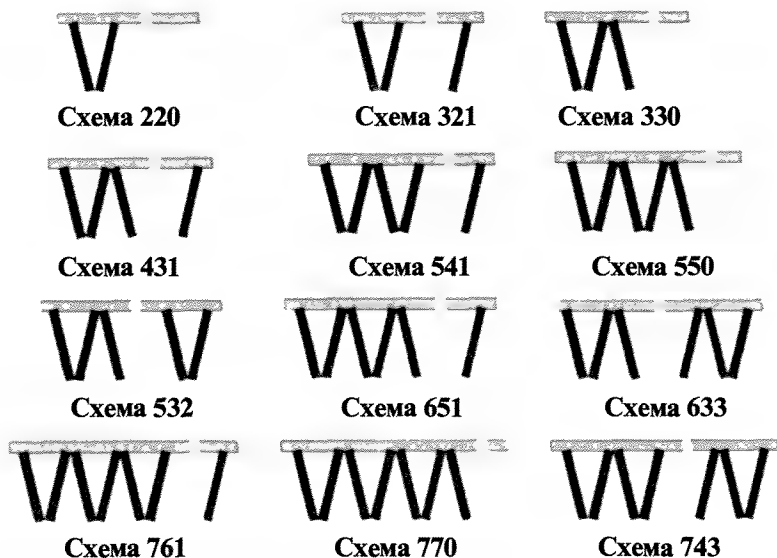


Рис. 7.31. Возможные схемы открывания фурнитуры системы SIEGENIA-AUBI FS-PORTAL

- высота створки по фальцу:
- ширина створки по фальцу:
- максимальный вес створки:

FFH = 840 – 2360 мм;

FFB = 330 – 900 мм;

80 кг.

7.13. РАЗМЕРНЫЙ РЯД ДЛЯ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ

Выше были рассмотрены конструктивные решения наклонно-поворотной фурнитуры для окон, изготовленных из различных профилей. Исключая алюминий, к фурнитуре для окон из ПВХ и дерева применимо понятие «модульных размеров» или «размерного ряда».

Как уже отмечалось, в принципе работы современной фурнитуры заложено объединение нескольких конструктивных элементов в единый периметральный механизм, в котором движение от управляющей ручки передается по контуру окна.

С точки зрения фурнитуры для окна в интерьере существует два принципиальных решения по расположению запирающей ручки:

- 1) *ручка расположена на середине высоты окна;*
- 2) *ручка расположена на некоторой заданной высоте от низа окна.*

С точки зрения архитектуры второе решение придает интерьерам заданный ритм и строгость, поскольку в этом случае высота ручки на окне технологически выдерживается с точностью до миллиметра. Ручки, установленные на одном уровне, красиво смотрятся в больших помещениях при расположении нескольких окон в ряд, например, в школах, детских садах, административных учреждениях и т.п. При этом *желаемое проектное положение ручки должно быть согласовано с технологическими размерами производителя системы фурнитуры*. Следует отметить, что при формировании номенклатуры изделий производители прежде всего ориентируются на соображения эргономики. Определение высоты ручки окна от уровня пола из условия удобства в эксплуатации показано на рис. 7.32.

Конструктивно фиксированное положение ручки осуществляется за счет установки в комплект фурнитуры **константного механизма** (основного привода с фик-

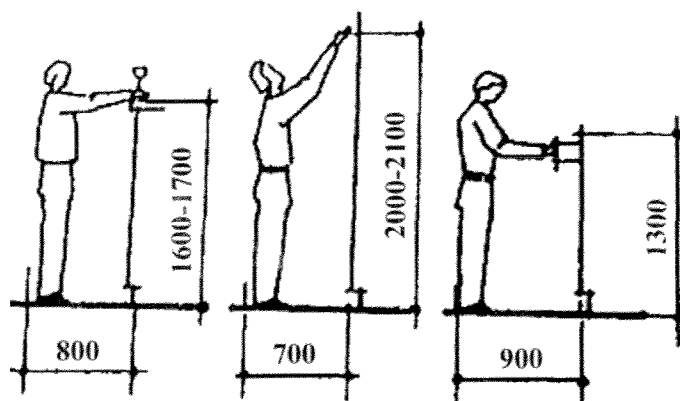


Рис. 7.32. Эргономическое определение высоты ручки окна от уровня пола — оптимально от 1300 до 1700 мм

сированным положением ручки — (рис. 7.5) — низ). При этом положение ручки в середине окна осуществляется за счет применения **переменного механизма** (основного привода с переменным положением ручки (рис. 7.5) — верх).

Комплект фурнитуры с константным механизмом для окон из ПВХ показан на рис. 7.33.

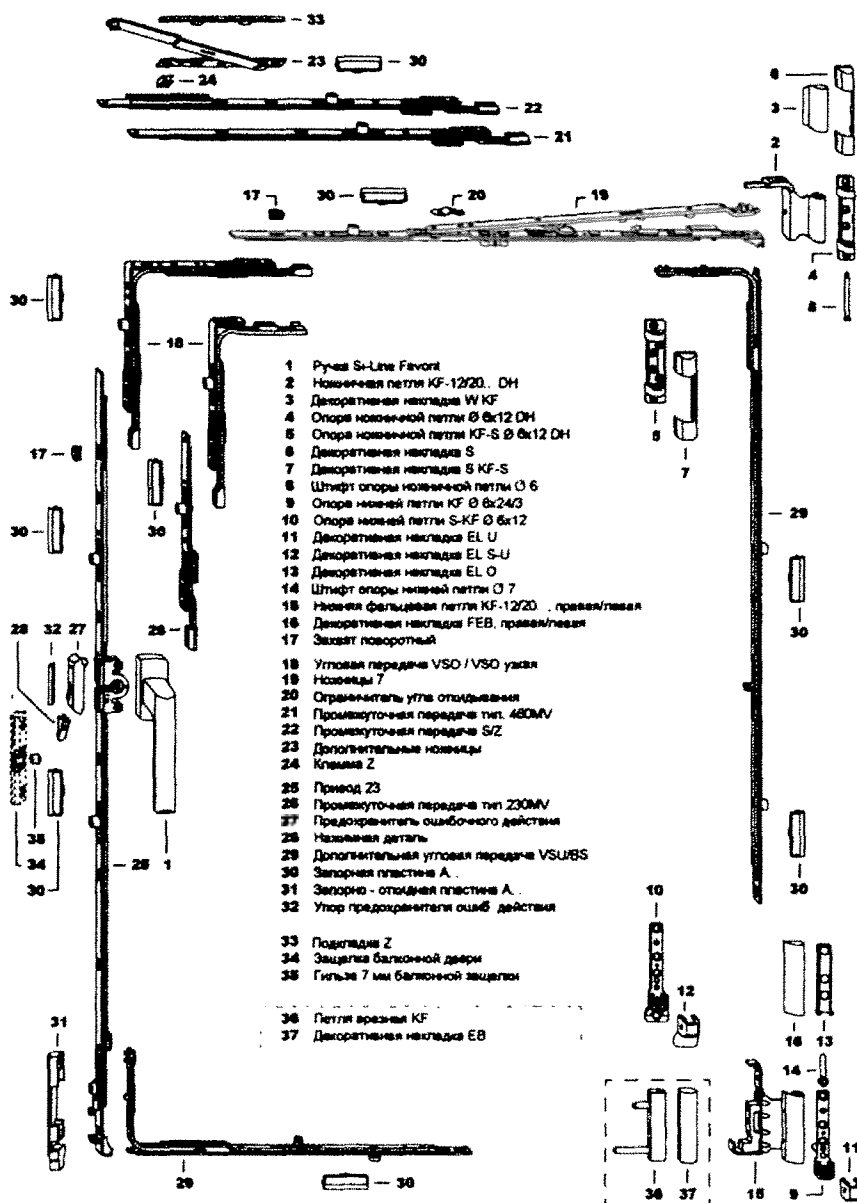
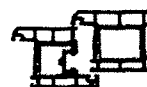


Рис. 7.33. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ. Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF23. Фиксированное положение ручки

На константном механизме, в отличие от переменного, реечная передача предусматривается вверху. Соответственно низ константного механизма жестко соединяется с нижней угловой передачей.

Окна как с константным, так и с переменным механизмом, не должны выходить по своим геометрическим размерам за пределы размерного ряда, определяемого набором типоразмеров отдельных блоков (в первую очередь, основных приводов и ножничных кронштейнов), выпускаемых производителем системы фурнитуры. Следует отметить, что размерный ряд сохраняется принципиально близким у всех производителей; максимальные различия могут находиться в пределах 100 мм.

В табл. 7.3а и табл. 7.3б приведены типоразмеры основных приводов системы Siegenia-AUBI A 300, а также типоразмеры ножничных кронштейнов.

Следует обратить внимание, что приведенный размерный ряд может быть принят в качестве ориентира для предварительного определения размеров оконных и дверных конструкций, оснащенных современной фурнитурой. Так, из приведенных таблиц видно, что поворотно-откидная створка не может быть выполнена высотой менее 470 мм и шириной менее 340 мм.

Таблица 7.3а

**Размерные группы основных механизмов с переменным положением ручки.
Система Siegenia-AUBI A 300**

N группы	Размер створки по фальцу, FFH мм
1	465-770
2	560-860
3	600-900
4	800-1100
5	1100-1400
6	1400-1700
7	1700-2000
8	2000-2300

**Размерные группы основных механизмов с фиксированным положением ручки.
Система Siegenia-AUBI A 300**

N группы	Размер створки по фальцу, FFH мм	Высота ручки от низа окна C , мм
1	470-620	188
2	560-860	280
3	800-1100	400
4	1100-1400	550
5	1400-1700	700
6	1700-2000	700
7	1700-2000	1050
8	2000-2300	1050

Размерные группы ножничных кронштейнов. Система Siegenia-AUBI A 300

№ группы	Ширина створки по фальцу, FFB мм
1	340-550
2	550-850
3	850-1150
4	1150-1450
5	670-970

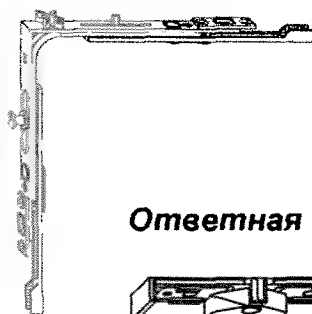
7.14. ЩЕЛЕВОЕ (ЗИМНЕЕ) ПРОВЕТРИВАНИЕ

На сегодняшний день очень много внимания уделяется системам проветривания помещения. Одним из вариантов проветривания могут быть элементы оконной фурнитуры, которые позволяют разгерметизировать окно и обеспечить воздухообмен в помещении. К таким элементам относятся щелевое проветривание, многоступенчатое проветривание, а так же переключатель зима-лето ограничивающий ход ножиц в положении откидывания окна.



- комбинируется с угловой передачей VSO и угловой передачей VS S-ES
- применим слева и справа
- щель для проветривания до 6 мм
- желательно применение оконной ручки с фиксацией 45 градусов

Рис. 7.34. Щелевое проветривание SP-S производства компании SIEGENIA-AUBI KG



Ответная деталь SP



**исполнение
A0760**

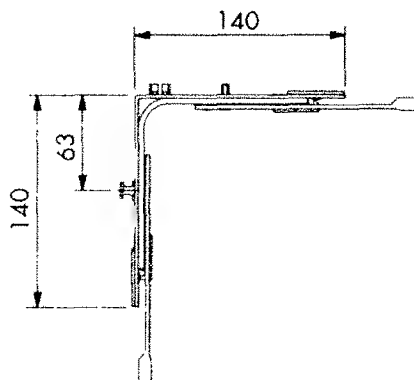
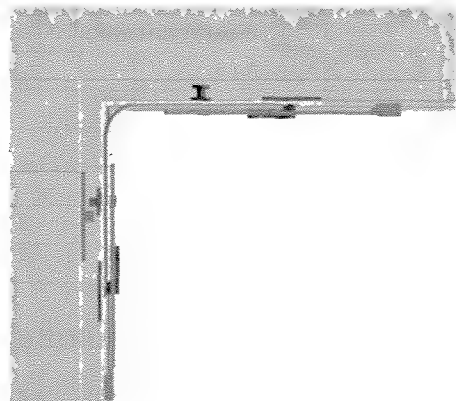
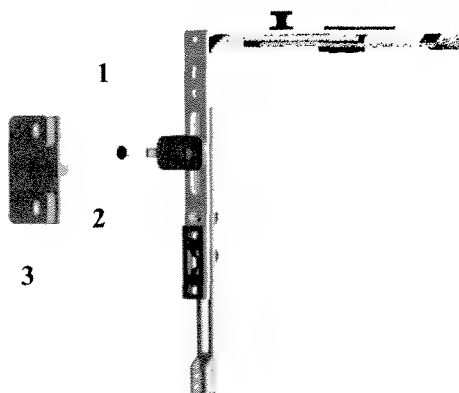
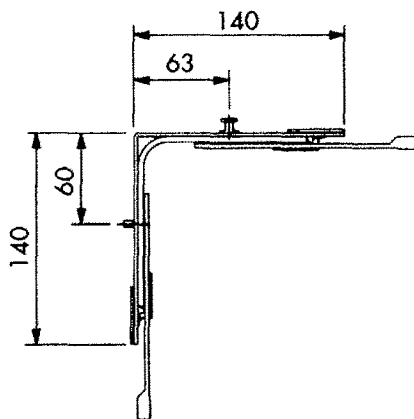
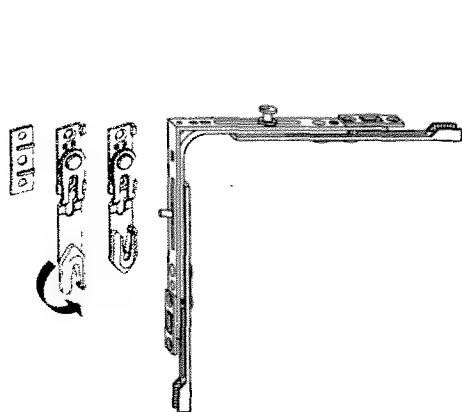


Рис. 7.35. Угловая передача VSO SP S-ES со щелевым проветриванием и ответная деталь производства компании SIEGENIA-AUBI KG



- 1 — зацеп;
2 — винт крепления;
3 — ответная деталь на раме — гребенка.

Рис. 7.36. Многоступенчатое проветривание производства компании SIEGENIA-AUBI KG



- функционирует как энергосберегающее проветривание ограничивающее ход ножиц в положении откидывания окна;
- может быть включено и выключено в любое время.

Рис. 7.37. Угловая передача VSO SP-S S-ES и переключатель зима-лето производства компании SIEGENIA-AUBI KG

В системе A300 возможно применение специального привода для поворотных окон, который обеспечивает комфортное проветривание. При повороте оконной ручки привод позволяет регулировать степень открытия створки. Наличие этого элемента является экономичной альтернативой поворотно-откидным окнам в массовом строительстве.

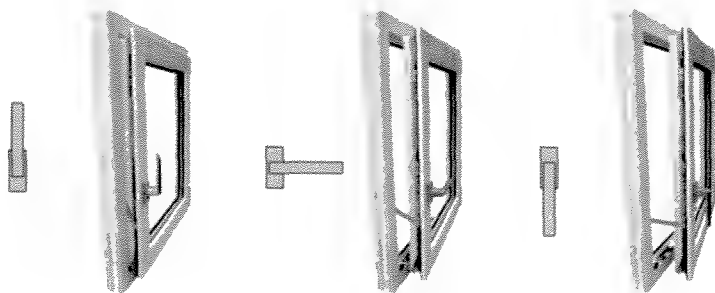
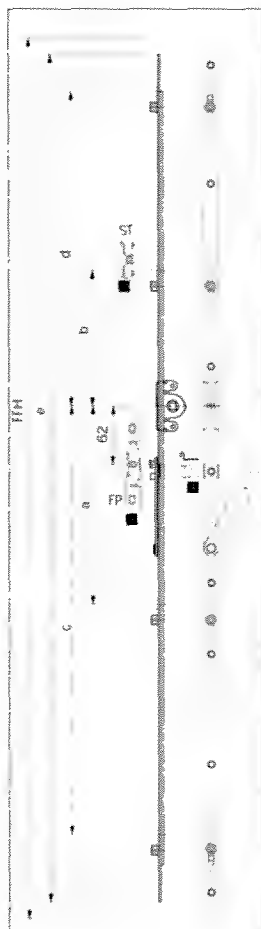


Рис. 7.38. Поворотный привод GD системы A300 производства компании SIEGENIA-AUBI KG



7.15. ПЕТЛЕВАЯ ГРУППА

Петлевая группа фурнитуры является ее основным несущим элементом и воспринимает значительную часть статических и динамических нагрузок, действующих на открывающееся окно как в закрытом, так и в открытом положении.

Конструкция петлевой группы зависит от типа открывания окна, который определяет четыре принципиальные позиции по расположению петель: 1) справа или слева по вертикальной оси створки в поворотных и поворотно-откидных окнах; 2) снизу по горизонтальной оси в нижнеподвесных (фрамужных) окнах; 3) сверху по горизонтальной оси в верхнеподвесных окнах; 4) по средней горизонтальной оси створки в среднеподвесных окнах.

Петли, входящие в комплект современной фурнитуры, представляют из себя сложные конструктивные узлы, состоящие из нескольких элементов, образующих подвижное закрепление створки на раме таким образом, чтобы:

- обеспечить восприятие заданного веса створки (иными словами — иметь расчетную грузоподъемность);

- не допускать локального разрушения материала профиля (скалывания и смятия древесины, растрескивания и истирания ПВХ) в местах крепления;
- не допускать локального промерзания профиля по крепежным элементам петель.

Петлевая группа работает не только на вертикальные нагрузки при открывании окна, но и на горизонтальные нагрузки, обеспечивая, совместно с контурным механизмом, прижим окна внизу и сверху по петлевой стороне.

При установке петель должна быть соблюдена строгая вертикальность (или горизонтальность) линий несущих осей двух или более петель. *Любые возникающие эксцентриситеты ведут к возникновению местных напряжений в местах крепления петель, перекашиванию и отвисанию створок — к трудностям при закрывании-открывании.*

Петли должны крепиться по возможности ближе к углам оконных блоков — особенно из ПВХ и дерева, поскольку практический опыт показывает, что при отсутствии прижима в углах возникнет их отгибание. У окон из ПВХ это происходит вследствие линейного расширения профиля створки, у окон из дерева — вследствие естественной усушки древесины. Отгибание створки вызывает продувание рамы в углах и со временем приводит к накоплению необратимых остаточных деформаций.

В конструкции петель принципиально также важна технологичность и удобство монтажа на окне. Петли должны обеспечивать возможность простого демонтажа створки при проведении монтажных работ и навешивания ее обратно с возможностью регулировки.

В петлевой группе поворотно-откидного окна необходимо различать группу элементов *верхней и нижней петли*. На нижнюю петлю приходится вся основная нагрузка

от собственного веса створки. Кроме того, она должна совмещать в себе две функции: поворота и наклона. На рис. 7.39 а показана нижняя петля для окна из ПВХ системы Siegenia-AUBI A 300 грузоподъемностью 100 кг.

Рамная часть петли (опора), основа которой выполнена в виде стальной пластины, крепится четырьмя саморезами, проходящими насквозь через армирование. В нижней части при помощи подвижной втулки (поз.1) закреплен **вертикальный несущий штифт** (поз. 2) с ограничительной регулировочной шестеренкой (поз. 3), имеющей возможность наклона. Петля имеет возможность

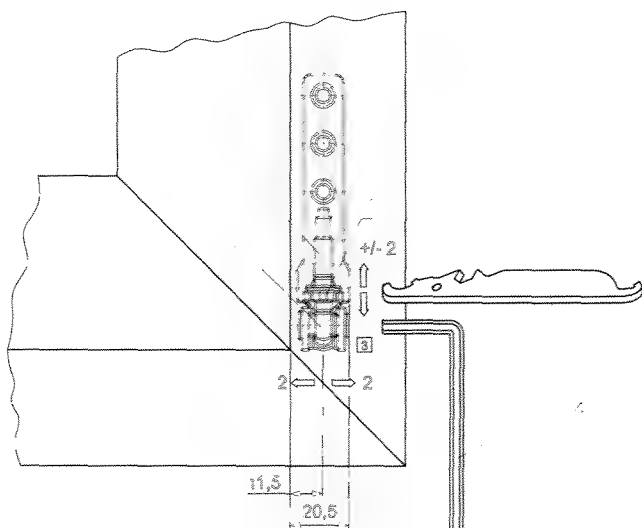
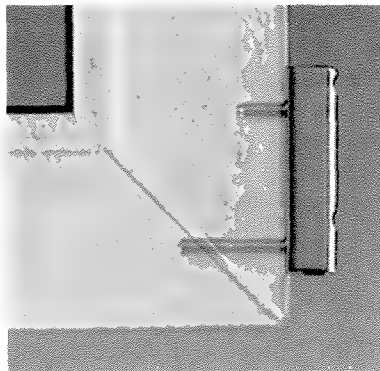


Рис. 7.39 а. Конструкция нижней петли для наклонно-поворотного окна из ПВХ. Система Siegenia-AUBI A 300.

1 — подвижная втулка, 2 — вертикальный несущий штифт, 3 — ограничительная шестеренка, 4 — регулировочные ключи

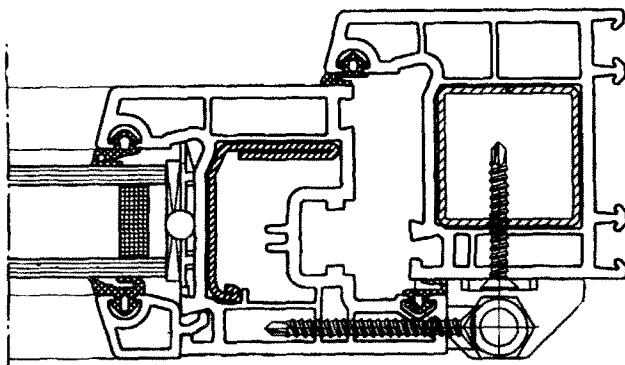
регулировки положения створки при помощи специальных ключей в двух направлениях — по высоте при помощи перемещения шестеренки (поз. 3), и по ширине за счет вкручивания или выкручивания втулки (поз.1). На вертикальный штифт одевается створочная часть, закрепляемая на створке саморезами через цилиндрические створочные штифты. В зависимости от системы фурнитуры и проектируемой грузоподъемности створки эти штифты имеют различную длину (рис. 7.39б).

Рис. 7.39 б. Нижняя петля повышенной грузоподъемности (130 кг) для окна из ПВХ. Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3



Створочный профиль конструируется производителями таким образом, чтобы компенсировать усилия выдергивания крепежных саморезов из ПВХ (рис. 7.40).

Рис. 7.40. Саморезы, крепящие петлю, проходят через две стенки створочного профиля из ПВХ. Система VEKA SOFTLINE AD



Для окон из дерева как нижняя, так и верхняя петлевая группа конструируются исходя из недопустимости местного скалывания древесины в местах крепления.

В опорах для петель из дерева обязательно применяют несущие цилиндрические вставки. В рамном профиле для них по шаблонам фрезеруются специальные углубления. Изначально применялись вставки с глубиной фрезеровки 20 мм. Однако эксплуатация в отечественных климатических условиях показала, что в этом случае происходит локальное промерзание профиля в районе петель. Поэтому в настоящее время применяются петли с глубиной фрезеровки 5 мм.

В нижних петлях для дерева предусматривается специальная дистанционная вставка из пластика, предохраняющая древесину от смятия в области фурнитурного паза (рис. 7.41).

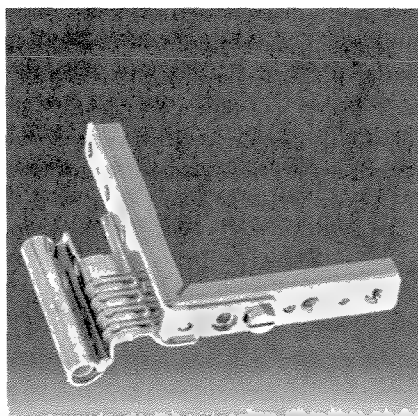
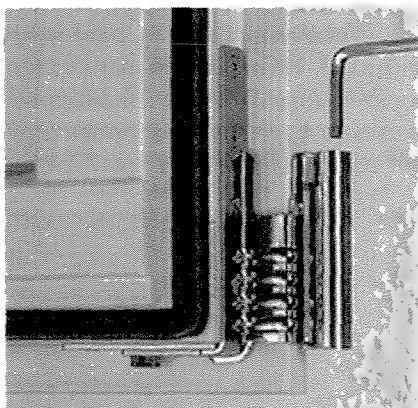


Рис. 7.41. Конструкция нижней петли с пластиковой вставкой для окон из дерева. Система Siegenia-AUBI FAVORIT Si-line KF3

Аналогичное решение применяется и в так называемых «фальцевых» петлях для ПВХ. Однако в ПВХ-окнах они не нашли широкого применения из-за относительно высокой стоимости. Кроме того, как показал опыт, такая петля сминает уплотнение в углу створок из ПВХ, что приводит к их продуванию.

Верхняя петля поворотно-откидного и поворотного окна работает совместно с ножничным кронштейном. На рис. 7.42 показана верхняя петля для наклонно-поворотного окна из ПВХ системы Siegenia-AUBI A 300.

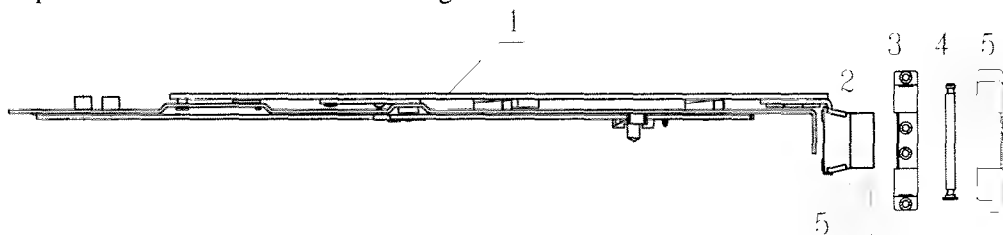


Рис. 7.42. Конструкция верхней петли для наклонно-поворотного окна из ПВХ. Система Siegenia-AUBI A 300: 1 — поворотно-откидные ножницы (в поворотном окне — поворотные ножницы), 2 — элемент, соединяемый с ножницами, 3 — опорная рамная пластина, 4 — штифт, 5, 5' — декоративные пластиковые накладки

Аналогично нижней петле, базовая часть верхней петли в виде пластины крепится саморезами насквозь в армирование рамного профиля. В базовую часть вставляется вертикальный штифт, на который навешивается ножничный кронштейн. Верхняя петля, как правило, не регулируется.

Требуемая грузоподъемность обеспечивается за счет совместной работы нижней и верхней петли. При этом в работе петлевой группы участвует поворотно-откидной запор в качестве третьей шарнирной опоры, как показано на схеме рис. 7.43.

Количество точек крепления и размер базовой крепежной пластины определяют *грузоподъемность* как наклонно-поворотных, так и поворотных петель. В оконных и дверных светопрозрачных конструкциях, как правило, применяются петли грузоподъемностью 80, 100 и 130 кг.

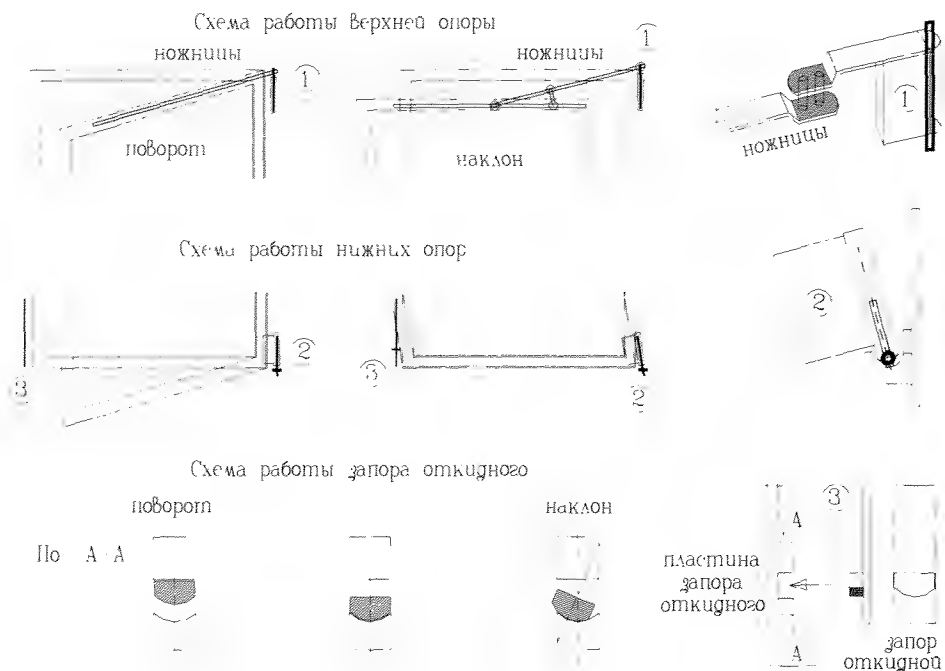


Рис. 7.43. Схема работы петлевой группы: 1 — верхняя петля с ножницами, 2 — нижняя петля, 3 — поворотно-откидной запор

- Неизбежные сложности с выдергиванием саморезов и локальным повреждением материала профиля возникают в поворотных створках с неверно укомплектованной фурнитурой. К сожалению, отказ от поворотных ножиц, работающих, как и в наклонно-поворотной фурнитуре, совместно с верхней петлей, является достаточно распространенной ошибкой производителей как пластиковых, так и деревянных окон. Заманчивое стремление сделать поворотную створку максимально дешевой на практике зачастую приводит к тому, что она навешивается на трех средних петлях, у которых створочная часть в виде пластины вшелкивается в фурнитурный паз створочного профиля и закрепляется саморезами. При этом из комплекта изымаются: нижняя несущая петля, а также практически все элементы контурного механизма, за исключением основного привода.

Разновидностью поворотных петель являются так называемые «ввертные петли» для деревянных и пластиковых окон, привлекательные с точки зрения дешевизны для производителей. Как показывает практика эксплуатации таких окон в наших условиях, локальное разрушение как дерева, так и ПВХ в местах крепления таких петель начинает приобретать необратимый характер уже в первый год эксплуатации окна. Окна отвисают, а отсутствие прижима по контуру приводит к их сквозному продуванию.

Исключением в этом отношении можно считать алюминиевые окна, имеющие высокую пространственную жесткость рамы с точки зрения работы из плоскости. Алюминий, обладающий модулем упругости на порядок более высоким по сравнению с ПВХ и деревом, не нуждается в точках запираения с шагом 800 ... 1000 мм, поэтому набор фурнитуры для поворотных створок из алюминия может быть существенно удешевлен по сравнению с наклонно-поворотным набором.



Неверная комплектация фурнитурой окон из ПВХ. Входная (поворотная) дверь в зимний сад, навешенная на четырех средних петлях (ввертных петлях), отвисла.



Неверная комплектация фурнитурой окон из ПВХ. Высота открываемой фрамуги превышает 800 мм. Отсутствуют необходимые прижимы по контуру. Нагрузка от окна при открывании передается на горизонтальный импост, не имеющий усиления.



Интересное решение, как с точки зрения эстетики, так и с точки зрения работы конструкции, реализовано в фурнитуре со скрытыми петлями, элементы которой показаны на рис. 7.44.

Такой подход к проектированию фурнитуры может быть привлекателен для архитекторов прежде всего при реставрации и реконструкции старинных зданий, где замена технически устаревшей фурнитуры представляет из себя серьезную проблему с точки зрения стилистики. Невидимые, и как бы отсутствующие в окне, петли в данном случае могут быть приняты в качестве компромисса между современными требованиями комфорта и идеологией интерьеров прошлых веков.

В принципе работы такой фурнитуры заложена идея применения своего рода «ножниц без петель», причем как вверх, так и вниз окна. Створка не вращается вокруг вертикальной оси как в стандартном варианте фурнитуры, а поворачивается за счет штифтов «верхних» и «нижних» ножниц; при этом за счет тяги внизу окна (рис. 7.44б) осуществляется режим откидывания.

Фурнитура со скрытыми петлями более жесткая по сравнению со стандартной за счет образования треугольников из силовых элементов ножниц при открывании. Это делает ее привлекательной для зданий с высокими ветровыми нагрузками, несмотря на определенные ограничения открывания, обусловленные спецификой конструкции – на угол до 90° в поворотном режиме. Скрытые петли также интересны и с точки зрения теплотехники, поскольку все крепежные элементы располагаются в данном случае перпендикулярно тепловому потоку*.

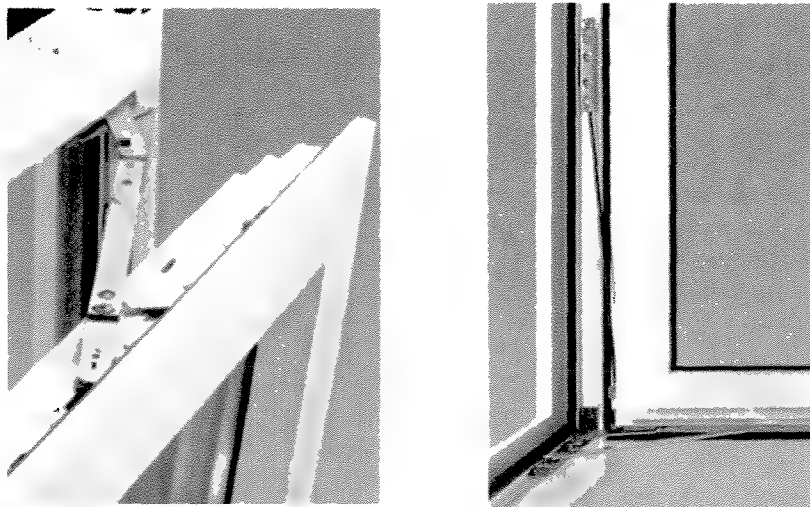


Рис. 7.44. Элементы фурнитуры со скрытыми петлями. Система Siegenia-AUBI Si-lineV-KF3
Базовая безопасность. а) верхняя часть окна; б) нижняя часть окна

- Аналогичное решение петель (но только поворотных) реализовано в Канаде для однокамерных стеклопластиковых окон. При этом, как показал опыт эксплуатации, такие петли не промерзали даже в самые суровые зимы.

7.16. ДИАГРАММЫ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО РАЗМЕРАМ СТОВРКИ

Применение петель той или иной грузоподъемности регламентируется общим весом створки, а также моментом сил, который должен быть воспринят петлевой группой. Расчетный момент сил наклонно-поворотного и поворотного окна зависит от ширины створки. При этом окно рассматривается как открытое в режиме поворота.

Определение допустимых размеров створок в зависимости от действующих усилий реализовано в так называемых *нагрузочных диаграммах*, приводимых в техническом руководстве каждого из производителей систем фурнитуры для петель различной грузоподъемности.

В прил. 10 приведены нагрузочные диаграммы для петель системы AUBI 300 применительно к окнам различной формы — поворотным и поворотно-откидным.

Приведем пример назначения размеров открывающейся створки окна в соответствии с нагрузочной диаграммой.

ПРИМЕР

Проектные размеры **прямоугольной наклонно-поворотной створки** окна из ПВХ с двухкамерным стеклопакетом **4-12-4-12-4** приняты равными: 1) высота створки по фальцу — **FFH = 1800 мм**; 2) ширина створки по фальцу **FFB = 1000 мм**.

Собственный вес створки составляет **50 кг/м²**.

Необходимо определить возможность изготовления окна с указанными параметрами при условии применения системы фурнитуры AUBI 300.

1. Площадь створки $S = 1,8 \text{ м} \times 1,0 \text{ м} = 1,8 \text{ м}^2$.
2. Общий вес створки $GG = 1,8 \text{ м}^2 \times 50 \text{ кг/м}^2 = 90 \text{ кг}$.
3. По Прил. 10 находим диаграмму для створок весом до 100 кг.
4. По диаграмме (Рис. 7.45) находим точку пересечения (точка 1), заданных **FFH = 1800 мм** и **FFB = 1000 мм**.
5. Точка 1 находится в заштрихованной области ниже ограничительной линии для створок весом 50 кг/м² ($GG = 50 \text{ кг/м}^2$), следовательно *запроектированное окно не выходит за допустимые ограничения по размерам*.

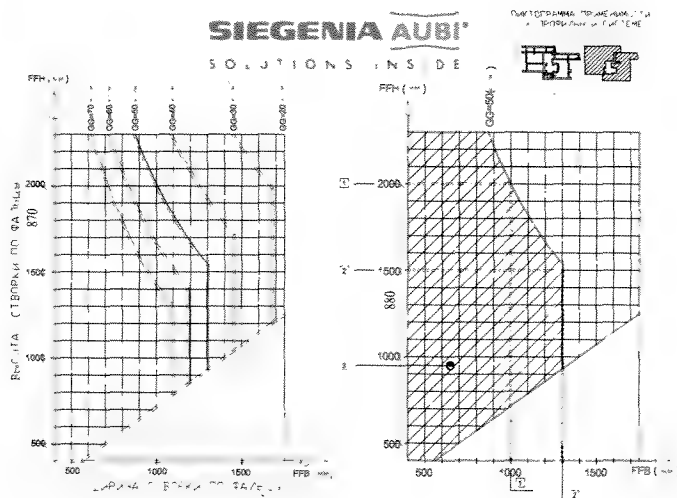


Рис. 7.45. Нагрузочная диаграмма для наклонно-поворотных окон из дерева и ПВХ. Максимальный вес створки до 100 кг. Система Siegenia-AUBI A 300

При назначении размеров открывающихся створок необходимо помнить, что белая зона на нагрузочной диаграмме для окон заданной конструкции является зоной запретных размеров. Если точка пересечения координат FFH и FFB запроектированного открывающегося окна попадает в «белую зону» диаграммы, необходимо изменить проектный размер открывающейся части.

Если точка пересечения координат FFH и FFB оказывается над ограничительной линией для заданного веса створки, необходимо уменьшить вес остекления (скажем, заменить двухкамерный стеклопакет на однокамерный) или изменить проектный размер створки.

7.17. КРИТЕРИИ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ

Как уже отмечалось, большое число рекламаций, предъявляемых к оконным фирмам, связано с отказами в работе систем фурнитуры. При этом, как показывает опыт экспертных оценок, негативные эффекты могут быть вызваны целым рядом факторов, не относящихся непосредственно к качеству деталей, входящих в комплект. *Причиной номер один в большинстве случаев скорее следует считать неграмотную комплектацию фурнитуры — частично или полностью не соответствующую характеру ее эксплуатации на конкретном строительном объекте.*

Так, например, если на одинаковые окна в индивидуальном загородном доме, используемом раз в неделю для отдыха, и в хирургическом отделении поликлиники установить один и тот же комплект фурнитуры, то разница в сроках его безотказной работы будет колоссальной. Помещения медицинских учреждений нуждаются в интенсивном проветривании, при этом окна зачастую необходимо открывать в различных режимах, соответственно и нагрузка на фурнитуру в этом случае несопоставима с частным домом. В комплект фурнитуры в зданиях с повышенными требованиями к вентиляции и не оборудованных специальными приточными системами следует в обязательном порядке включать более мощные петли, а также такие дополнительные элементы как устройства для микропроветривания или ступенчатого откидывания створки, блокираторы поворота ручки, ограничители открывания и др., которые имеются в любой развитой фурнитурной системе. Иными словами, *чем больше технических возможностей имеет система фурнитуры, тем большими возможностями располагает проектировщик для задания режима ее стабильной и долговечной работы в определенном здании или помещении.* Дополнительные элементы устанавливаются как расширение базового комплекта, а их подробное описание содержится в технических каталогах производителей фурнитуры.

Для долговечности и надежности системы фурнитуры принципиально важными являются также такие факторы как: 1) стойкость к коррозии и 2) стойкость к износу.

Стойкость к коррозии обеспечивается специальным антикоррозионным покрытием из цветных металлов. Сначала на стальную фурнитуру наносится цинковое покрытие, обеспечивающее защиту от влаги. Затем на цинковое покрытие в специальной гальванической ванне наносят оксид хрома и соли редких металлов для защиты цинкового покрытия от окисления. При этом состав и технология нанесения антикоррозионного покрытия индивидуальны для каждого из производителей систем фурнитуры.

Покрытия испытываются аэрозолью соляного тумана. При этом согласно немецким нормам DIN 50021-75, через 72 часа на видимых поверхностях стальных частей не должна образовываться белая ржавчина, а через 240 часов — красная ржавчина. Из оценки антикоррозионных свойств исключаются: места клепок, места, обработанные для монтажа фурнитуры на окне, части и узлы, не обработанные при создании поверхности, если они не находятся в видимой части фурнитуры, места сварки и непосредственно прилежащие области.

Кроме стандартных испытаний, оговоренных нормами, каждый производитель фурнитуры может проводить и собственные дополнительные испытания покрытий. Так концерн SIEGENIA-AUBI KG проводит испытания покрытий на воздействие силиконов, чистящих средств, хлорированной воды и др. Специальные испытания проводятся в районах морских побережий.

Структура различных покрытий, предлагаемых концерном SIEGENIA-AUBI KG, приведена на рис. 7.46. Покрытие «титан-серебряный» с 2003 года используется SIEGENIA-AUBI KG как стандартное — более экологически чистое при производстве. Это покрытие привлекательно для архитекторов, красиво гармонирует в интерьерах как с белыми пластиковыми окнами, так и с деревом различной структуры.

Покрытие «E-look» - «под нержавеющую сталь» имеет в 5 раз большую коррозионную стойкость по сравнению со стандартным. Фурнитура с таким покрытием может быть эффективно применена в зданиях и помещениях с агрессивной и влажной средой — в цехах производственных предприятий, бассейнах, на морских побережьях.

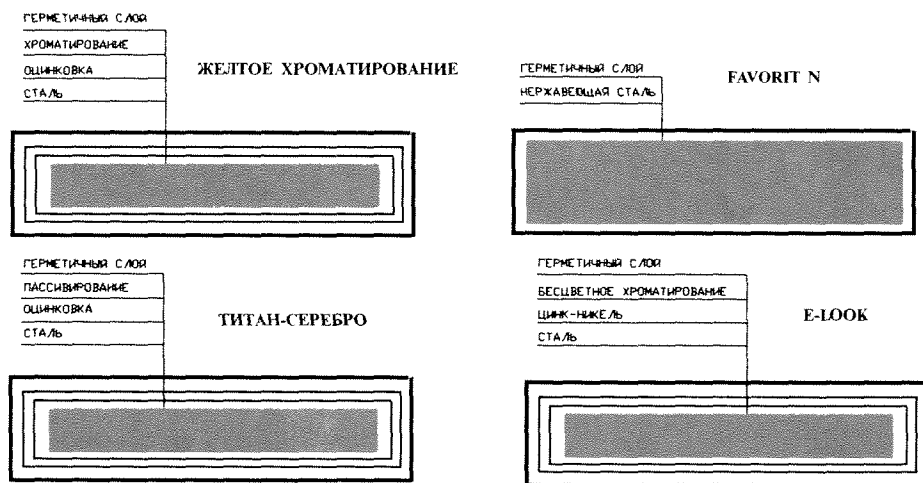


Рис. 7.46. Принципиальный состав покрытий фурнитуры концерна SIEGENIA-AUBI.

А) желтое хромированное, б) титан-серебро, в) Е – Look – «под нержавейку»;
г) фаворит – Н – нержавеющая сталь

Стойкость к износу может быть обеспечена за счет различных конструктивных мероприятий, направленных на уменьшение усилий трения в наиболее нагруженных узлах. В качестве примера такого решения могут быть приведены прижимные ролики системы Siegenia-AUBI A 300, описанные в разделе 7.3.

В этом же аспекте могут быть рассмотрены и мероприятия, предотвращающие разбалтывание крепления элементов контурного механизма внутри фурнитурного паза, вызванное локальным разрушением профиля в местах крепежных саморезов.

При передаче усилий от оконной ручки на элементы фурнитуры, в них возникают продольные усилия N , которые через крепежные саморезы передаются на профиль, как показано на рис. 7.47. В профиле при этом возникают местные противоположно направленные напряжения N' , сосредоточенные в точках установки саморезов. При многократно повторяющихся нагрузках это может привести к растрескиванию и локальному разрушению ПВХ, особенно если фурнитурный врез оказывается в холодной зоне в зимний период.

На рис. 7.47 (поз. 4) показаны направляющие шипы системы Siegenia-AUBI A 300, закрепляющиеся в фурнитурном врезе. Помимо технологических преимуществ, позволяющих более точно фиксировать фурнитуру на стадии сборки окна, такое решение позволяет частично разгрузить саморезы и рассредоточить напряжения N' по четырем точкам вместо одной.

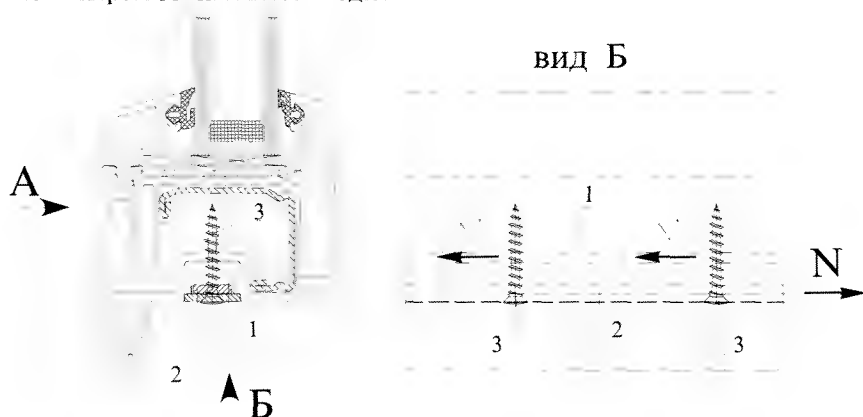


Рис. 7.47. Схема передачи усилий с элементов фурнитуры на оконный профиль.
1 — фальц фурнитурного вреза в профиле, 2 — элементы фурнитуры, 3 — крепежные саморезы, 4 — направляющие шипы, закрепляющиеся в фурнитурном врезе профиля (система Siegenia-AUBI A 300)

7.18. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ФУРНИТУРЫ НА ОКОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Проблемы, возникающие при эксплуатации фурнитуры, могут быть также вызваны некачественным ее монтажом на окне в заводских условиях. В этой связи имеет смысл кратко остановиться на описании основных технологических операций, которые предусматриваются техническим руководством каждого из производителей систем фурнитуры.

При установке фурнитуры на окна из ПВХ, комплект монтируется на готовую сваренную створку, в которой заранее профрезерованы по шаблону отверстия под ручку и (при необходимости) под замковую группу. Все элементы фурнитуры — ответные планки, основные приводы, петли и др. — должны устанавливаться строго по шаблонам, выдаваемым изготовителем фурнитуры.

Монтаж фурнитуры на изделия производится на специальных столах, поверхность которых обита материалом с коротким ворсом во избежание механического повреждения оконных конструкций — появления царапин. К столам по сборке фурнитуры должны быть подведены линии сжатого воздуха и электропитания для постоянной очистки механизмов фурнитуры от пластмассовой крошки и пыли.

Первоначально на раме устанавливаются ответные планки и рамные части петлевой группы для верхней и нижней петли в наклонно-поворотной фурнитуре. Для поворотной фурнитуры добавляются средние петли (скрытые прижимы).

На створке последовательно монтируются:

1) Все угловые передачи.

2) В положении «открыто» (среднее положение запорных цапф) — основной привод, подбираемый по размерным артикулам в соответствии с размером створки. В зависимости от типа привода (константный или переменный), производится обрубание (обрезка) передаточной рейки с одной или с двух сторон с пробивкой крепежных отверстий, для того, чтобы адаптировать выбранный механизм к конкретным размерам створки. Обрубание производится таким образом, чтобы имела возможность свободного хода элементов фурнитуры по всему контуру, при этом в местах их состыковки не должно возникать концентрации напряжений. Узел соединения обрубанных элементов фурнитуры между собой показан на рис. 7.48.

3) После установки основного привода аналогично, с подрезкой, монтируются ножничный кронштейн и, при необходимости, промежуточные передачи.

4) Затем устанавливаются рамная и створочная части петлевой группы. Створка навешивается на раму, и работа окна проверяется на стенде. При необходимости фурнитура регулируется.

Трудности при повороте оконной ручки в открытом положении, сопровождающиеся характерными щелчками, зачастую говорят об ошибках, допущенных при подрезке элементов — их упирания друг в друга. В этом случае необходим демонтаж нерабочих элементов комплекта и их повторная установка.

В этом отношении можно также говорить о том, что при комплектации окна следует по возможности избегать промежуточных передач, для которых также необходима обрезка рейки. *Соответственно, чем меньше узлов сопряжения элементов в комплекте фурнитуры, тем надежнее работает контурный механизм. При понимании принципов комплектации фурнитуры эта проблема может быть решена проектировщиком уже непосредственно на стадии проектирования фасадов и назначения размеров окна.*

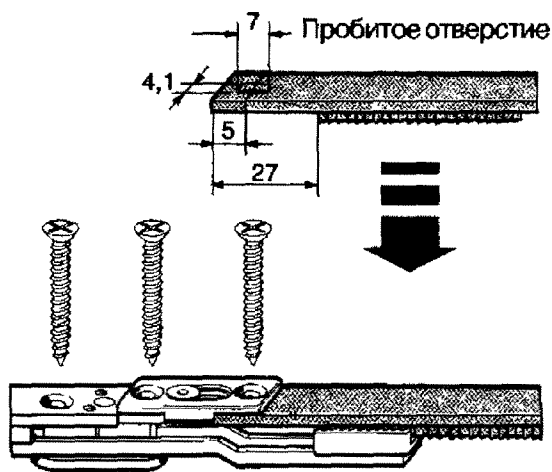


Рис. 7.48. Узел соединения элементов фурнитуры между собой

В настоящее время у крупных производителей фурнитуры прослеживается тенденция к разработке систем, полностью ориентированных на автоматизированную сборку, в которых количество обрезаемых элементов сведено к минимуму. Инновационной идеей в этом отношении можно считать систему **SIEGENIA-AUBI TITAN iP** (рис. 7.49), в которой обрезаемыми элементами являются угловые передачи, а не привод и ножницы, как в стандартном варианте.

Характерным отличием **TITAN iP** от всех существующих в настоящее время фурнитур является монтаж всех элементов, за исключением угловых переключателей, на отдельных нарезанных элементах створки — заготовках. При этом все детали фурнитуры, устанавливаемые на отдельных элементах створки, не обрезаются. А подгонка механизма к соответствующей ширине или высоте створок осуществляется при помощи обрезки угловых элементов. Угловые элементы, устанавливаемые в последнюю очередь, монтируются на уже сваренной створке, как и все традиционные фурнитуры.

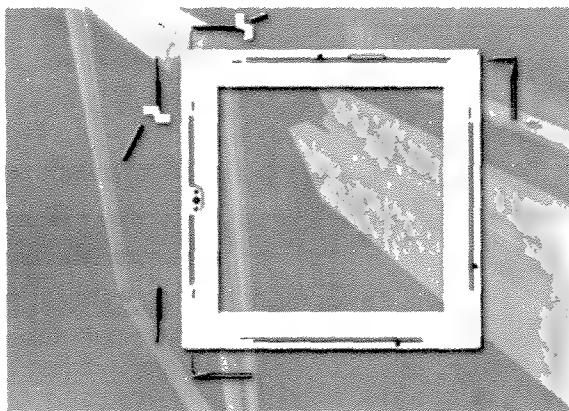
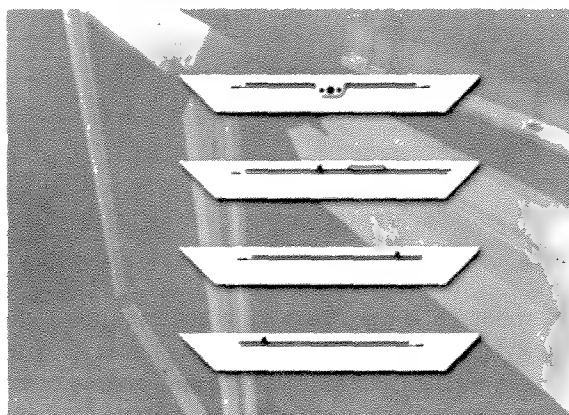


Рис. 7.49. Система фурнитуры SIEGENIA-AUBI TITAN iP.

- а) элементы фурнитуры, смонтированные на отдельных элементах створки;
б) обрезаемые угловые передачи



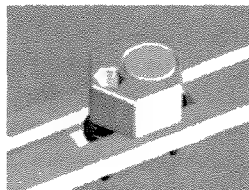
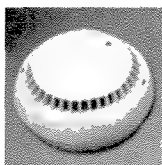
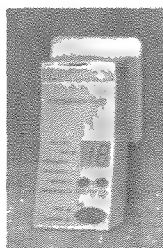
7.19. СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ

Взлом или пожар являются наиболее частыми причинами утраты созданных ценностей. Существуют разнообразные средства обеспечения безопасности имущества, помогающие избежать этого.

Компанией SIEGENIA-AUBI KG разработана система радиосигнализации FUNKSENSORIK. Эта система контролирует состояние окон и дверей и предупреждает о том, что двери и окна дома закрыты, откинuty или открыты, или вскрыты снаружи с применением силы (при активированной функции тревожной сигнализации). Кроме того, система помогает экономить электроэнергию, поскольку своевременно оповещает об откинутых без необходимости окнах. При использовании сигнализатора дыма, оснащенного радиоуправляемыми датчиками, обеспечивается быстрое распознавание появления дыма.

Преимущества системы FUNKSENSORIK

- беспроводная установка — быстро и чисто;
- в любое время информирует о том, открыты ли, откинuty или закрыты окна и двери;
- легко программируемая система — очень удобна в обслуживании;
- четкая картинка дисплея центральной станции — адреса радиопередатчиков указаны непосредственно в перечне центральной станции;
- возможна комплектация системы с дистанционным управлением;
- всегда в Вашем распоряжении аккумуляторный блок с устройством подзарядки от источника аварийного электроснабжения;
- место эксплуатации легко изменяется: включил центральную станцию в розетку — и уже работает;
- бесперебойная работа в установленном диапазоне частоты;
- для защиты от пожара в комплект может быть дополнительно включен сигнализатор дыма, оснащенный радио-управляемыми датчиками;
- состояние батарей всех радиопередатчиков находится под контролем;
- существенная экономия электроэнергии — оповещение о наличии откинutyх без необходимости окон.



*Составные элементы системы радиосигнализации
FUNKSENSORIK производства «SIEGENIA-AUBI»*

1. Центральная станция является базовым элементом системы радиосигнализации. Здесь происходит сбор всех данных системы. Всего в системе могут быть под-

ключены до пяти центральных станций и может быть обеспечен контроль до 100 радиопередатчиков.

2. Оконный радиопередатчик встраивается в верхней части рамы окна. В паре с магнитным сердечником, установленным на фурнитуре, он передает на центральную станцию сигналы о том, открыто, откинута или закрыто окно.

3. Служащий для защиты от пожара сигнализатор дыма тоже оснащен радиоуправляемыми датчиками. При возникновении дыма центральная станция и сигнализатор дыма подают сигнал тревоги, то есть безопасность обеспечивается дважды. Степень заряда батареи сигнализатора дыма также контролируется с центральной станцией.

7.20. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОКОННОЙ ФУРНИТУРЫ

При проведении монтажных работ часто возникает необходимость демонтажа створок с последующим возвратом их на место, что, как правило, ведет к разрегулированию фурнитур. Поэтому окончательная регулировка фурнитур производится, как правило, уже после монтажа окон непосредственно на строительном объекте. При этом довольно часто возникают проблемы, вызванные следующими причинами:

- Неверная установка стеклопакета в профиле (неправильная его фиксация опорными и фиксирующими подкладками — см. раздел 3.5 «Прочность стеклопакетов»), приводящая к неравномерному распределению нагрузок на петлевую группу и, соответственно, отвисанию створки.
- Некачественный монтаж окна в проеме с отклонениями от вертикали, приводящий к эксцентриситетам в петлевой группе и элементах контурного механизма.
- Отсутствие требуемых температурных зазоров между ПВХ-окном и стеной, приводящее к выгибам оконных профилей из плоскости, и соответственно, к неплотному прижиму рамы в точках запираания.

Регулировка фурнитур не может полностью устранить негативный эффект от всех перечисленных выше факторов, однако может частично его компенсировать. Комплект фурнитур имеет несколько точек регулировки, зависящих от системы: 1) по петлям в зависимости от конструкции; 2) по ответным планкам или запорным цапфам (роликам). За счет регулирования тех или иных узлов возможно изменение положения створки и ее прижима в пределах до 1 ... 2 мм.

За счет регулировки фурнитур прижим створки может быть оптимизирован к зимним или летним условиям эксплуатации окна, что особенно актуально для створок из ПВХ. В этом отношении фурнитура также может гибко компенсировать незначительные необратимые деформации профилей, вызванные циклическим температурным расширением-сжатием ПВХ и усушкой-набуханием древесины.

Установленная фурнитура требует своевременного грамотного обслуживания и ухода. Согласно рекомендациям производителей, ее необходимо смазывать специальным фурнитурным маслом, не вызывающим коррозии металлических элементов и повреждения материала профиля, не реже одного раза в год. Следует также обратить внимание на защиту элементов фурнитур и фурнитурных пазов от засорения пылью, грязью и штукатурным раствором, что неизбежно ведет к выходу ее из строя.

ГЛАВА 8.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОКОННЫХ СИСТЕМ

8.1. РОЛЬСТАВНИ, СТАВНИ, ЖАЛЮЗИ

Под общим термином «**ставни**» будем понимать глухие, непрозрачные экраны, временно закрывающие окна. Основное назначение ставен — защита от теплового солнечного излучения. Закрытые ставни практически полностью защищают помещение от дневного света, загрязнения, просматривания помещения со стороны улицы, что создает ощущение психологической защищенности. Кроме того, при закрытых ставнях существенно повышается тепло- и шумозащита.

По конструкции открывания ставни могут быть подразделены на *распашные ставни*, *рольставни* и *жалюзи*.

Рольставни (рис. 8.1а) состоят из отдельных горизонтальных пластинок — ламелей, высотой 50 — 70 мм, шарнирно соединенных между собой, и короба с валом, располагаемого в верхней части, на который «наматывается» полотно ставень, состоящих из ламелей. При этом торцы ламелей удерживаются специальными направляющими.

Распашные ставни (рис. 8.1б), состоят из двух створок, открывающихся как оконные, подвешенные на поворотных петлях.

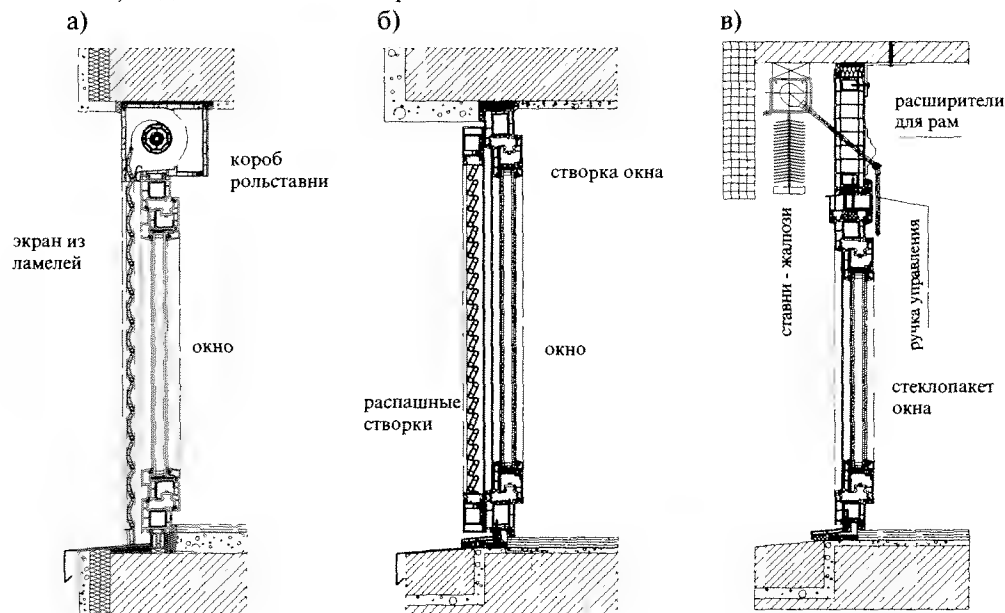


Рис. 8.1. Окно с защитным экраном, установленное в наружной стене. Система Veka:

А) окно с рольставнями; б) окно с распашными ставнями; в) окно с жалюзи

Жалюзи (рис. 8.1в), устанавливаемые на современные оконные системы, располагаются с наружной стороны оконного проема. Жалюзи состоят из отдельных пластинок вогнутой формы, которые могут раздвигаться по всей высоте окна. В отли-

чие от рольставней, в этом случае не требуется установки дополнительного короба над окном. Кроме того, в отличие от рольставней, где все ламели соединены друг с другом, в жалюзи каждая пластина поворачивается и перемещается по вертикали, независимо от других пластин. За счет этого при помощи жалюзей можно менять степень «закрытости» окна. При этом жалюзи, по сравнению с рольставнями, обладают меньшей герметичностью и плотностью, и соответственно более низкими теплозащитными качествами.

Все варианты защитных экранов могут быть выполнены как из ПВХ, так и из алюминия.

Наиболее распространенным вариантом наружных экранов, устанавливаемых на ПВХ-окна в настоящее время, являются рольставни. Рассмотрим конструкцию рольставен более подробно на примере рольставен «Veka».

Как уже отмечалось, основными конструктивными элементами рольставен являются несущий *короб*, *ламели* и *направляющие*. На рис. 8.2 представлены *ламели* толщиной 8 – 14 мм и шириной 37 – 62 мм. Ламели могут выпускаться как в стандартном, так и в утепленном вариантех, с заполнением внутреннего пространства полистиролом.

Размер ламели определяет ее жесткость, что, в свою очередь, отражается на максимально возможных размерах экрана.

На рис. 8.3 приведена диаграмма для определения максимально возможных размеров экрана, который может быть выполнен из ламелей того или иного типа. Так, например, при ширине окна более 2.5 необходимо применять ламели типа K52 или K62.

тип ламелей				
	M 37	K 51	K 52	K 62
высота	37	52	52	62
толщина	8	14	14	14

Рис. 8.2. Конструкция ламелей рольставней из ПВХ. Система Veka

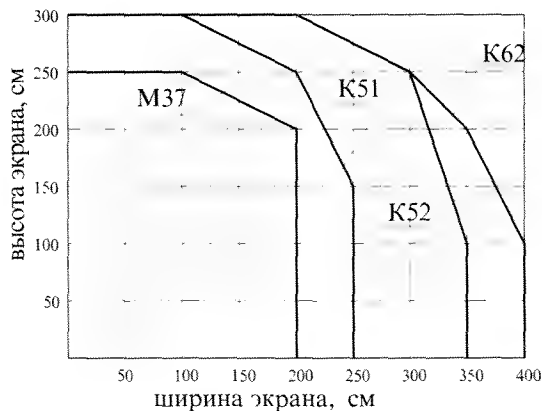


Рис. 8.3. Максимальные размеры рольставней в зависимости от типа ламелей. Система Veka

Направляющие рольставни (рис. 8.4) представляют собой специальный профиль с пазом, глубиной 24 мм, в котором скользит полотно из ламелей. Профиль направляющей крепится к вертикальным элементам оконной рамы.

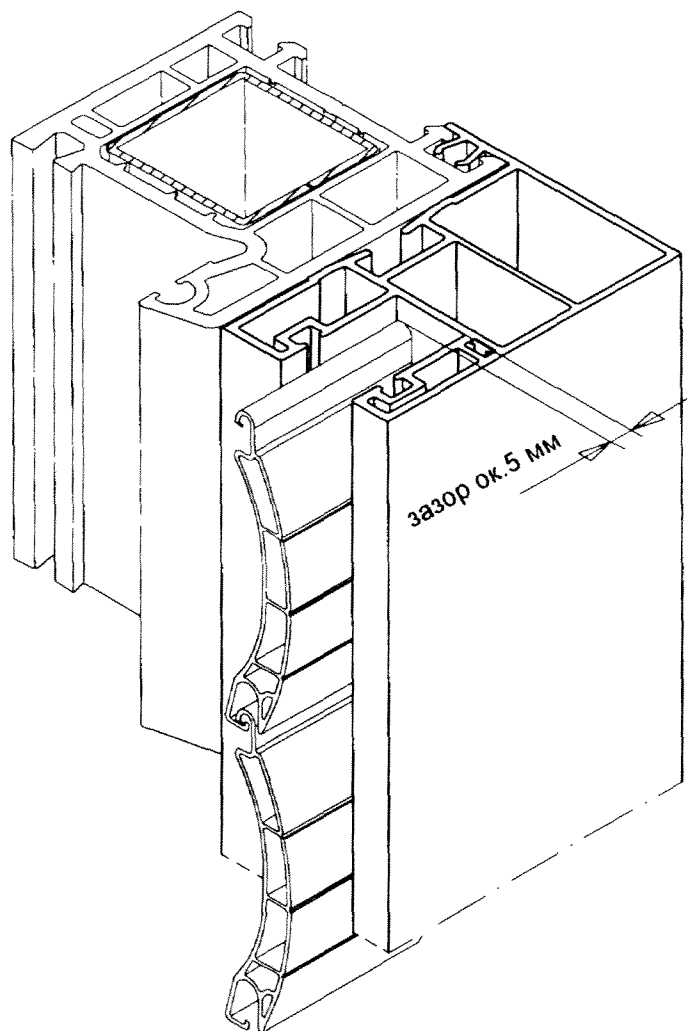
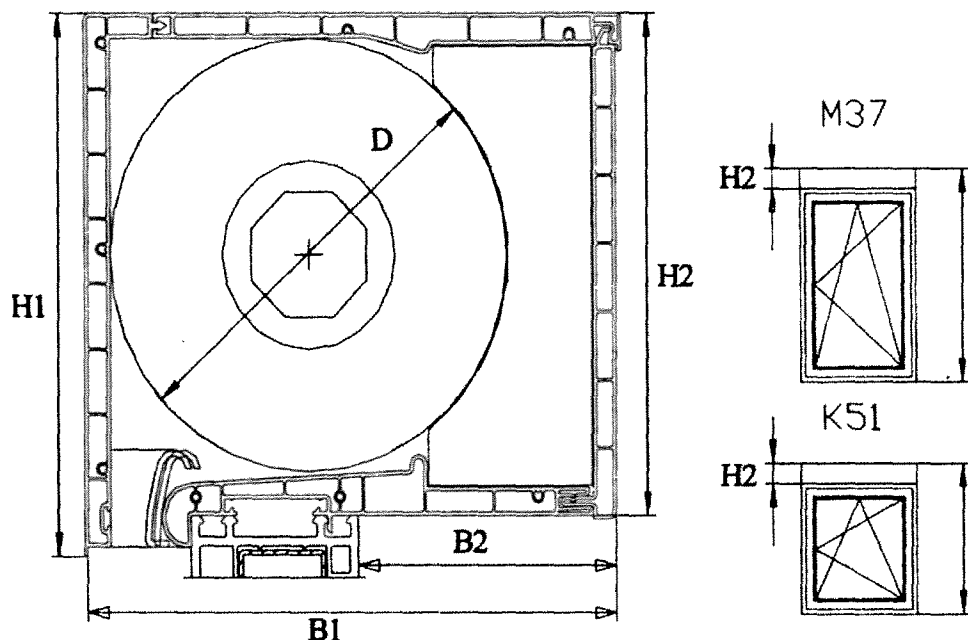


Рис. 8.4. Направляющие рольставней. Узел соединения ламелей

Короб рольставни предназначен для «упаковки» экрана, состоящего из ламелей. Размеры короба зависят от типа ламелей и высоты окна. Зависимость размеров короба от типа ламелей и высоты окна системы **VEKA** показана на рис. 8.5. Так, например, высота короба изменяется от 140 до 210 мм при увеличении высоты окна (а соответственно и длины полотна рольставен) от 1100 до 2700 мм.



N п/п	Высота окна		Размеры короба				
	М 37 *	К 51	В1	В2	Н1	Н2	Д
1	1100	-	164	70	153	140	118
2	1700	1200	184	90	173	160	138
3	2300	1800	204	110	193	180	158
4	2700		234	140	223	210	188

- М 37 и К 51 – тип ламели

Рис. 8.5. Зависимость размеров короба от типа ламелей и высоты окна. Система Veka

Конструкция короба показана на рис. 8.6. Короб собирается из четырех отдельных деталей, а именно – из нижней крышки, верхней крышки, внутренней крышки и внешней крышки. Так как короб при установке становится своего рода частью наружной стены, то он утепляется. Одни и те же профили и торцевые пластины используются как для изготовления короба в стандартном варианте, так и для теплоизолированного короба со вкладышем из полиуретана или пенопласта.

Для удаления дождевой воды, попавшей в короб при подъеме мокрого экрана, нижняя крышка имеет скос наружу. Кроме этого, на нижней крышке имеется выступ, используемый в качестве упора для изолирующего вкладыша. Короб закрепляется на горизонтальном элементе оконной рамы при помощи алюминиевых присоединительных профилей и через усилительные накладки к боковым элементам.

Для управления рольставнями используются ленточный привод, мини-редуктор с конической передачей и двигатель.

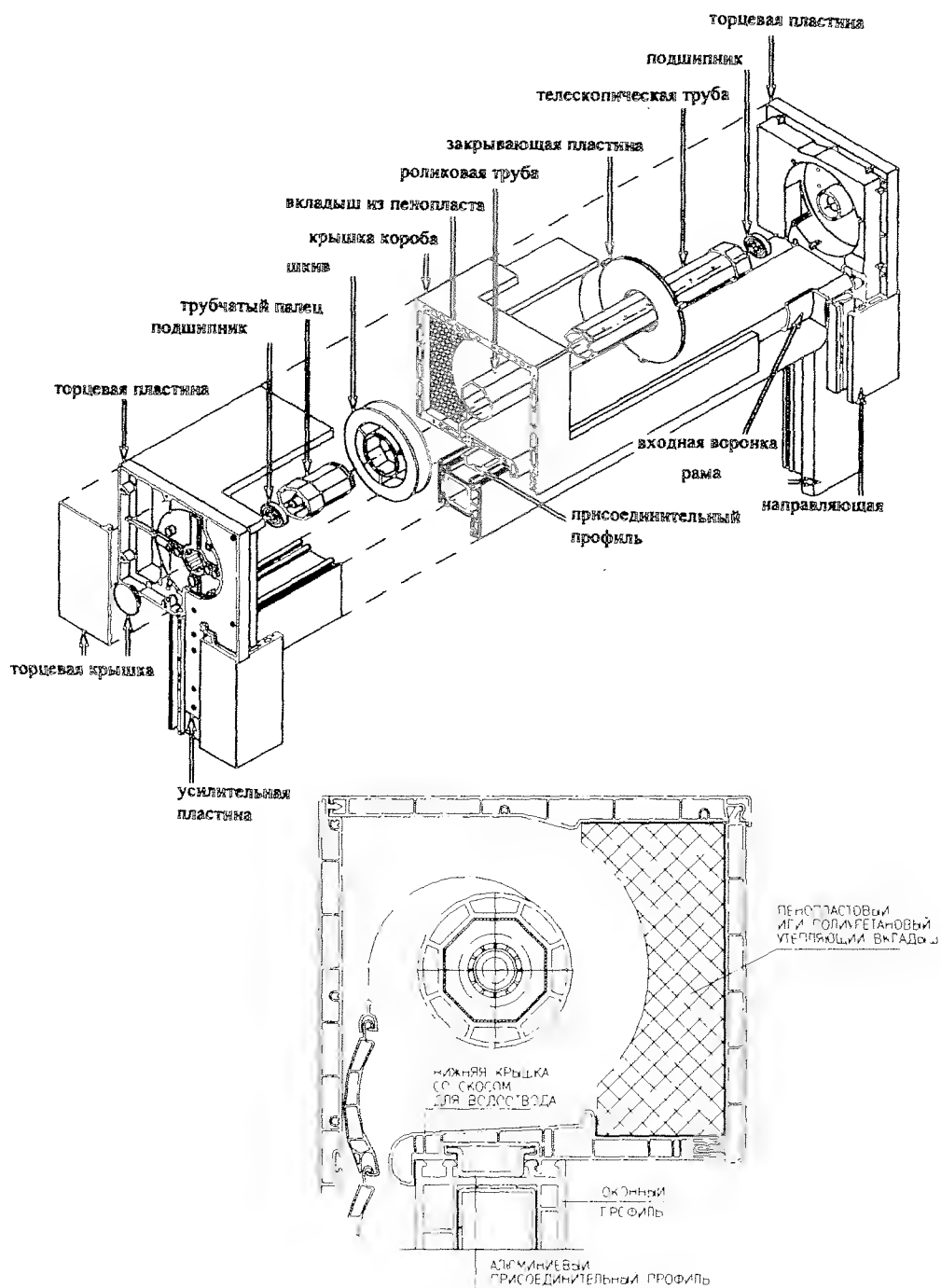
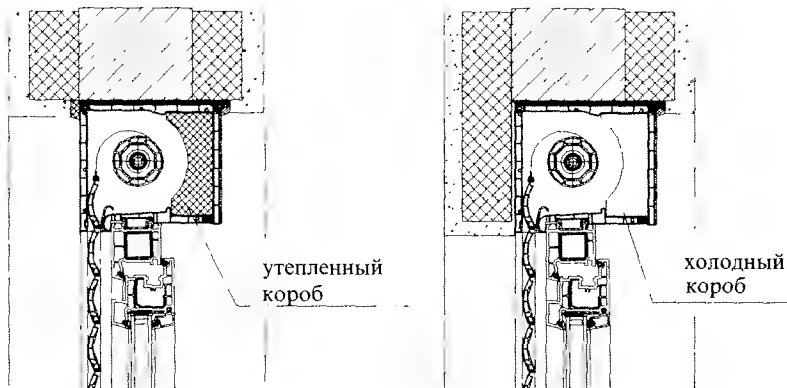


Рис. 8.6. Конструкция короба рольставней

В зависимости от производителя рольставней, короб устанавливается над оконным блоком в пределах толщины стены (VEKA, PLUS PLAN) или в накладном варианте (Rehau) (как правило, при реконструкции старых зданий). При условии, что короб устанавливается над оконной коробкой, занимая часть оконного проема в стене, при проектировании окна с рольставнями необходимо учитывать его высоту. Различные варианты установки короба в наружных стенах показаны на рис. 8.7.

а)

Установка рольставень в стене из монолитного бетона с несъемной опалубкой из жесткого пенопласта



б)

Установка рольставень в кирпичной стене
несущая стена несущая стена

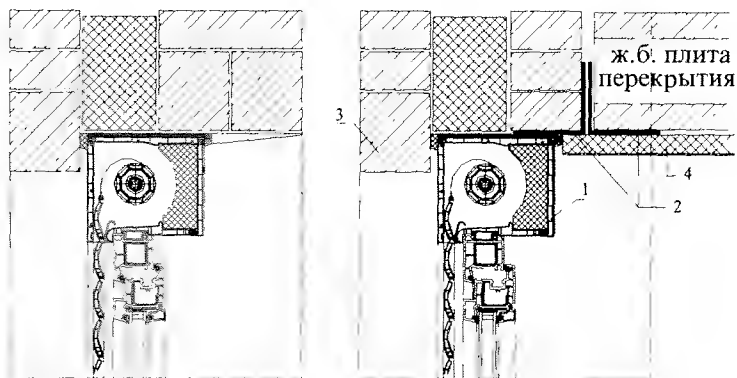
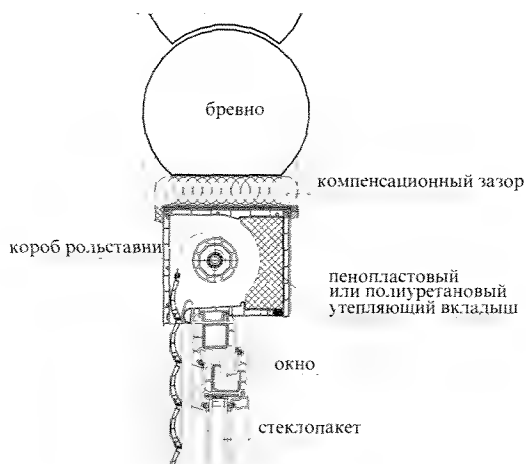


Рис. 8.7. Установка короба рольставней в наружных стенах различной конструкции:
а) в утепленных стенах из монолитного железобетона; б) в утепленных кирпичных стенах;
1 — короб рольставни, 2 — несущие перемычки из металлического уголка,
3 — ЖБ перемычка, 4 — отделка потолка

Рис. 8.7 в. Установка короба рольставней в стене из оцилиндрованного бревна



ТЕПЛО- И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ОКНО-СТАВНИ

Закрытые ставни значительно улучшают тепло- и звукоизоляционные характеристики системы окно-ставни. Рассматривая конструкцию ставен с точки зрения теплозащиты, необходимо отметить, что в зависимости от времени года меняется характер работы ставен — как солнцезащитный экран летом и как дополнительная теплоизоляция зимой.

В зимнее время период низких температур совпадает с периодом короткого светового дня и длинной ночи, когда окна могут быть закрыты ставнями полностью. При этом экран не влияет на поступление теплового солнечного излучения, т.к. оно в зимнее время незначительно, а только изменяет термическое сопротивление системы окно-экран.

При этом наиболее эффективны наружные ставни с утепленными ламелями, толщиной 10-15 мм. Сопротивление теплопередаче такого экрана приблизительно эквивалентно обычному окну с однокамерным стеклопакетом и составляет порядка $0.36 \text{ м}^2\text{С/Вт}$. Таким образом, при условии, что инфильтрация холодного воздуха через такой экран будет в пределах обычной через стандартные окна, общее термическое сопротивление окна с учетом ставен увеличится в 2 раза.

В летних условиях интенсивное солнечное излучение сопровождается длинным световым днем. Главным фактором, влияющим на микроклимат помещения, является перегрев, прежде всего связанный с тепловым излучением солнца. Особенно важным с этой точки зрения следует считать расположение экрана снаружи окна, поскольку в этом случае при его нагревании теплообмен осуществляется с наружной средой — путем конвекции с наружным воздухом и излучением «на улицу». При этом защитный экран может почти полностью ограничить поступление солнечной тепловой радиации в помещение, которое на 56 град с. ш. может достигать 420 Вт/м^2 на вертикальную поверхность фасада.

В данной главе остановимся более подробно на втором и третьем этапах, ориентированных непосредственно на профильные системы. *Поскольку на сегодняшний день оконные системы из ПВХ являются наиболее развитыми и технологичными, вместе с тем оставаясь малознакомыми для украинских проектировщиков, в дальнейшем изложении будем ориентироваться преимущественно на них, предполагая, что, опираясь на эту информацию, проектировщик сможет работать и с менее сложными и многообразными системами тонкостенных профилей — алюминиевых и стеклопластиковых, а также разрабатывать сечения деревянных и комбинированных окон.*

Проектная документация, передаваемая для производства и установки окон, изготавливаемых серийно или по индивидуальному заказу, включает в себя:

- Общий архитектурно-конструктивный чертеж оконного блока с указанием размеров створок и их членения, типа открывания, ширины и типа профилей коробки и створки и т.п. (рис. 9.1).
- Набор характерных сечений окна с подробной проработкой комбинаций основных и дополнительных профилей (разработкой сечений профилей для деревянных окон), а также узлов примыкания к непрозрачным участкам наружных стен с учетом специфики конкретно применяемой системы (рис. 9.17 - 9.20).
- Сечения и спецификация применяемых стеклопакетов с указанием типа стекол, толщин распорных рамок, типа применяемых мастик и технологии их нанесения, теплотехнических, светотехнических и звукоизоляционных характеристик (см. главы 3-5).
- Описание применяемой системы фурнитуры с указанием воспринимаемых ею нагрузок и комплектации с учетом специальных требований (см. главу 7).
- Описание дополнительных приспособлений для пассивного регулирования микроклимата помещения (системы микропроветривания, солнцезащита — рольставни и т.п.) (см. главы 6, 7, 8).

9.1. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ОКОННОГО ПРОФИЛЯ. ПРАВИЛА РАСЧЕТА ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК

Выбор размеров створок и толщины профиля, а также схемы открывания окна определяется, с одной стороны, архитектурно-композиционными и функциональными требованиями, с другой — условиями работы оконного блока под действием статических нагрузок (ветровой нагрузки, собственного веса остекления и температурных напряжений).

На рис. 9.1 показан пример общего вида оконного блока, разрабатываемого на первой стадии проектирования. На этой стадии желательно, чтобы архитектором помимо общих толщин, образуемых комбинацией профилей (коробка + створка, импост + створки), их материала и цвета, были указаны и желаемые выступы коробки оконного блока за контуры стены, образующей оконный проем (рис. 9.1в). При этом *определяющими будут являться требования общей фасадной композиции, а также сохранения единого архитектурного стиля при замене окон в старом здании.* Следует помнить, что *минимально допустимый выступ профиля рамы (коробки) за край стены, технологически необходимый для установки москитной сетки, должен составлять 30 мм.*

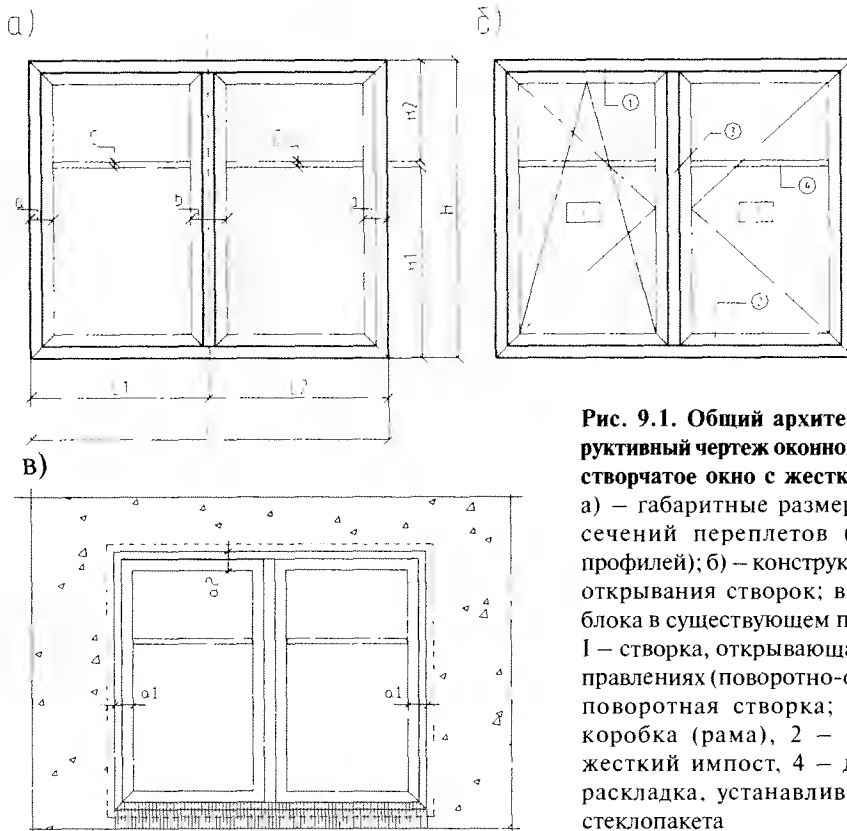


Рис. 9.1. Общий архитектурно-конструктивный чертеж оконного блока (двухстворчатое окно с жестким импостом):
 а) — габаритные размеры и размеры сечений переплетов (комбинаций профилей); б) — конструкция окна и тип открывания створок; в) — установка блока в существующем проеме стены
 I — створка, открывающаяся в двух направлениях (поворотнo-откидная), II — поворотная створка; 1 — оконная коробка (рама), 2 — створка, 3 — жесткий импост, 4 — декоративная раскладка, устанавливаемая внутри стеклопакета

Конструктивно назначение размеров элементов окна и выбор схемы его открывания определяются статическим расчетом оконного блока на действие ветровых нагрузок. При этом наибольшую сложность при расчетах и проектировании представляют системы с использованием ПВХ-профилей.

Приведем основные положения расчета на ветровые нагрузки в соответствии с немецкими нормами DIN, поскольку на сегодняшний день эта методика является наиболее отработанной и широко применяемой отечественными фирмами.

Согласно DIN 1055 (новый стандарт DIN EN 12210), ветровая нагрузка, в зависимости от высоты здания подразделяется на четыре группы (рис. 9.2).

Таблица 9.1

Группа нагрузки	Высота здания, м	DIN 1055 Давление ветра, Па	DIN EN 12210 Давление ветра, Па
A	0 – 8	до 150	200 - 400
B	8 – 20	150-300	600
C	20 – 100	300-600	800 - 1000
D	Свыше 100	Свыше 600	

При действии ветровых нагрузок и нагрузок от веса остекления, оконные профили будут работать на изгиб. Характеристики профиля будут определяться E (модулем Юнга табл. 9.2) и геометрическими параметрами сечения, характеризующимися *моментами инерции* I_x и I_y . Направления осей X и Y показаны на рис. 9.3.

Рис. 9.2. Группы зданий по ветровой нагрузке

Таблица 9.2

Значения модуля Юнга для различных материалов

Материал	$E, \text{Н/м}^2 \times 10^6$
ПВХ твердый	2 700
Дерево	10 000
Алюминий	70 000
Сталь	210 000

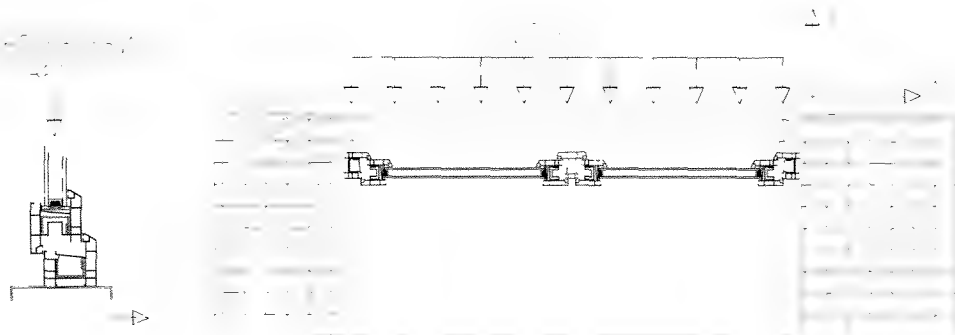


Рис. 9.3. Силовые нагрузки на оконные профили

Как уже отмечалось в главе 2, из-за маленького значения *модуля упругости* ПВХ профили должны усиливаться стальными вставками. По этой причине в ряде источников их называют еще *металлопластиковыми профилями*. ***Большая разница жесткостей ПВХ и стали является причиной того, что при расчетах на силовые нагрузки жесткостью ПВХ пренебрегают.*** При этом считают, что ветровая нагрузка, действующая на окно, воспринимается несущими элементами — профилями рамы, импостов и поперечин, а нагрузка от собственного веса стекла при открывающемся окне воспринимается створкой и через элементы фурнитуры передается на раму. В случае глухого остекления собственный вес стекла воспринимается рамным профилем и поперечинами.

Допустимые деформации профилей определяются согласно DIN 18056 «Стены с окнами, измерения и исполнения». Согласно этим нормам, допустимая деформация для импоста и поперечного профиля прямоугольно к поверхности окна не может быть более $1/300$ профильной длины. **Расчет ПВХ профилей на действие ветровых нагрузок и собственного веса остекления сводится к выбору их армирования и дальнейшему подбору сечения профиля в зависимости от выбранной арматуры.**

Распределение давления воздушного потока, действующего в качестве плоскостной нагрузки на окно, осуществляется через биссектрису угла в соответствии с рис. 9.4. При распределении нагрузок под углом 45° в квадрате образуются четыре треугольные поверхности, а в прямоугольнике — две треугольные и две трапецевидные. Для определения размера **В** треугольной или трапецевидной нагрузки делится пополам самая короткая сторона. При этом нагрузка на раму приходит с одной поверхности, а на импост — с обеих соприкасающихся поверхностей.



Рис. 9.4. Расчетная схема к выбору типа армирования оконных профилей

Предполагается, что рама состоит из отдельных образующих ее вертикальных и горизонтальных элементов, шарнирно соединенных между собой. При этом **каждый отдельный элемент, подвергающийся воздействию ветровой нагрузки, рассматривается как шарнирно опертая балка на двух опорах, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой** (рис. 9.5). Такая схема соответствует конструкции металлопластиковой оконной рамы (и створки) (рис. 9.6), в которой не предполагается жесткой связи между армирующими стальными элементами (см. раздел «Технология производства окон из ПВХ»).



Рис. 9.5. Схема к расчету оконных профилей на действие ветровых нагрузок

Вычисление требуемого момента инерции производится по формуле:

$$I_{\text{треб}} = \frac{W \cdot L^4 \cdot B}{1920 \cdot E \cdot f} [25 - 40(B/L)^4] \quad (9.1)$$

где W — давление ветра, [Н/мм² или Па] в соответствии с группой ветровой нагрузки (рис. 9.1);

B — ширина эпюры нагружения, [см];

L — длина профиля, [см];

E — модуль упругости, [Н/мм² или Па],
 $E = 210\,000$ Н/мм² для стали;

f — максимально допустимая деформация, [см].

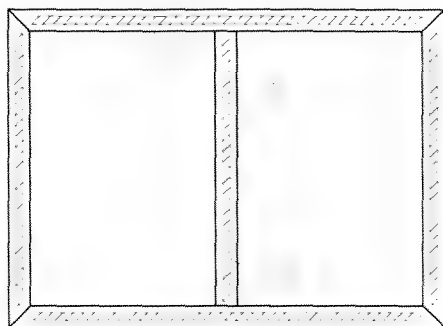


Рис. 9.6. Схема армирования металлопластиковой оконной рамы
 1 — профиль рамы, 2 — жесткий импост, 3 — армирующие профили

В общем случае $f = L/300$. Для стеклопакета с периметром стекла более 240 см, $f = 0.8$ см.

$1920 = \text{const}$ — постоянная величина.

Момент инерции, вычисляемый по формуле (9.1), *должен быть определен раздельно для каждой области нагрузки*. Области нагрузки, расположенные справа и слева, не должны складываться. Моменты инерции рассчитываются отдельно для каждой из составляющих, и только потом суммируются.

ПРИМЕР 1

Окно с жестким импостом и поперечиной (поперечным жестким импостом). Группа ветровой нагрузки А (рис. 9.2). Размеры на расчетной схеме даны в сантиметрах.

$$W = 600 \text{ Па} = 0.00060 \text{ Н/мм}^2;$$

$$B_1 = 70 \text{ см}; B_2 = 50 \text{ см}; B_3 = 68.5 \text{ см};$$

$$B_4 = 39 \text{ см};$$

$$L (\text{импост}) = 215 \text{ см};$$

$$L (\text{поперечина}) = 140 \text{ см};$$

$$E = 210\,000 \text{ Н/мм}^2;$$

$$f = L/300 \text{ см.}$$

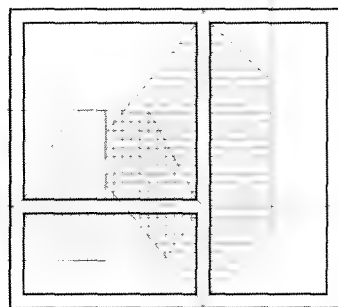


Рис. 9.7а. К расчету армирования оконных профилей

Вертикальный импост

B1:

$$I_{x \text{ треб}} = \frac{0,00060 \times 215^4 \times 70}{1920 \times 210000 \times 0,7166} [25 - 40 - (70 / 215)^2 + 16 (70 / 215)^4] = 6,50 \text{ см}^4$$

B2:

$$I_{x \text{ треб}} = \frac{0,00060 \times 215^4 \times 50}{1920 \times 210000 \times 0,7166} [25 - 40 - (50 / 215)^2 + 16 (50 / 215)^4] = 5,07 \text{ см}^4$$

требуемое значение I_x $n = 11,57 \text{ см}^4$

Поперечина

B3:

$$I_{x \text{ треб}} = \frac{0,00060 \times 140^4 \times 68.5}{1920 \times 210000 \times 0,466} [25 - 40 - (68.5 / 140)^2 + 16 (68.5 / 140)^4] = 1,37 \text{ см}^4$$

B4:

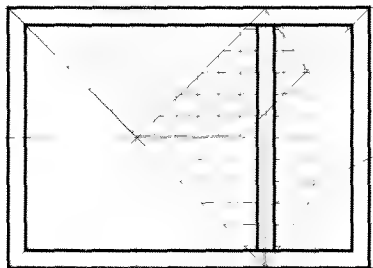
$$I_{x \text{ треб}} = \frac{0,00060 \times 140^4 \times 39}{1920 \times 210000 \times 0,466} [25 - 40 - (39 / 140)^2 + 16 (39 / 140)^4] = 1,05 \text{ см}^4$$

требуемое значение I_x $n = 11,57 \text{ см}^4$

На основании вычисленных моментов инерции по каталогам оконной системы подбираются элементы армирования требуемого сечения, а затем ПВХ-профили, в которые это армирование может быть установлено. При этом рассчитанные моменты инерции округляются в большую сторону до соответствующих табличных значений.

Необходимо отметить, что всеми производителями профилей разработаны специальные таблицы (прил. 4), по которым может быть проведен упрощенный расчет требуемых моментов инерции для каждой конкретной системы.

При проведении статических расчетов следует особенно помнить, что проектируемые размеры окна не должны выходить за ограничения по допустимым максимальным размерам, таблица которых разработана каждым производителем профильной системы (прил. 6).



ПРИМЕР 2

Окно для двухэтажного здания (группа нагрузки А, высота над поверхностью земли 0-8 м), размером 2.1 x 1.5 м. Система профилей **Veka Softline AD**. Размеры на рисунке даны в сантиметрах.

Рис. 9.76. К расчету армирования оконных профилей

Поз. 1 – рама. Пролет $l = 210$ см. Ширина нагрузки $a = 75$ см.

По табл. 1 прил. 4 находим $I_x \text{ треб} = 7.09 \text{ см}^4$. По таблице прил.2 принимаем стальной прямоугольный усилитель 40×30 мм с толщиной стенки 3 мм ($I_x = 8.18 \text{ см}^4$, $I_y = 5.05 \text{ см}^4$).

По прил.1 принимаем раму 82 мм; комбинацию рамы 82 мм со створкой 82.5 мм.

Поз. 2. – импост. Пролет $l = 150$ см.

Ширина нагрузки $a = 75$ см. $I_x \text{ треб} = 3.14 \text{ см}^4$

Ширина нагрузки $b = 30$ см. $I_x \text{ треб} = 1.92 \text{ см}^4$

Сумма необходимых моментов инерции $I_x \text{ треб} = 5.06 \text{ см}^4$

По таблице прил. 2 принимаем стальной прямоугольный усилитель 50×25 мм с толщиной стенки 3 мм ($I_y = 3.99 \text{ см}^4$, $I_x = 12.55 \text{ см}^4$). По прил. 1 принимаем импост 82 мм.

Следует помнить, что требуемый момент инерции может быть создан соединением нескольких отдельных армирующих профилей. На практике эта задача, как правило, встречается при проектировании витражей большой площади.

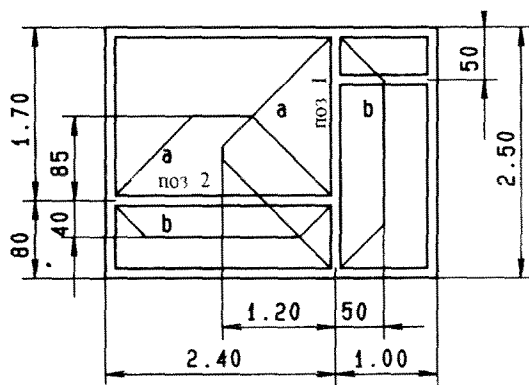
При этом, в соответствии с техническими рекомендациями производителей профильных систем, конструктивная схема витража выстраивается за счет добавления в него специальных усилителей. В зависимости от дизайнерских решений, предлагаемых архитектором, а также от специфики монтажных условий для конкретного объекта, могут быть приняты различные варианты установки усиливающих профилей с различной расчетной схемой.

Для иллюстрации рассмотрим пример проектирования витража с применением различных схем.

ПРИМЕР 3

Для здания высотой 15 м предлагаются элементы фасада со следующими характеристиками: ширина 340 см, высота 250 см, подоконная панель, глухое остекление, дверь с глухой фрамугой. Необходимо принять конструктивное решение витража и подобрать усиливающие профили.

Рис. 9.7в. К расчету армирования оконных профилей



Поз. 1 - импост

длина пролета - 2,5 м

ширина нагрузки $a = 1,20$ м

ширина нагрузки $b = 0,50$ м

сумма необходимых моментов инерции

$I_x \text{ треб.} = 25,3 \text{ см}^4$;

$I_x \text{ треб.} = 14,8 \text{ см}^4$;

$I_x \text{ треб.} = 40,1 \text{ см}^4$;

Поз. 2 - ригель

длина пролета - 2,4 м

ширина нагрузки $a=0,85$ м

ширина нагрузки $b=0,40$ м

сумма необходимых моментов инерции

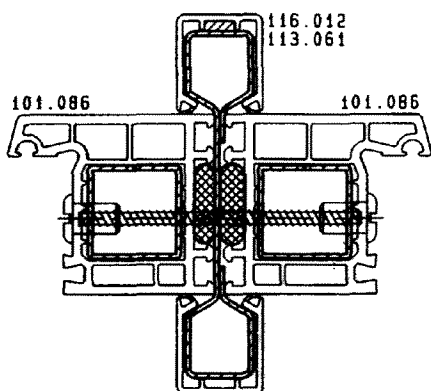
$I_x \text{ треб.} = 18,4 \text{ см}^4$;

$I_x \text{ треб.} = 10,3 \text{ см}^4$;

$I_x \text{ треб.} = 28,7 \text{ см}^4$;

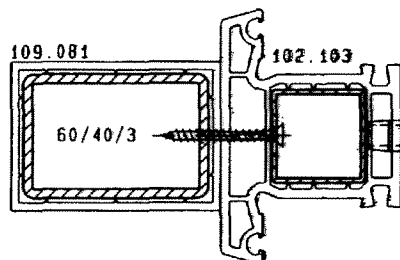
ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Поз. 1 - импост



соединитель 113.061 $I_x \text{ реальн.} = 58,60 \text{ см}^4$
рама 101.086

Поз. 2 - ригель



оболочка из ПВХ для внешнего
усилителя 109.081

Как видно из приведенных расчетов, устойчивость вертикального импоста витража, показанного на рис. 9.7. в (поз. 1), по отношению к ветровой нагрузке может быть обеспечена за счет мощного усиливающего профиля (арт. 113 061 системы VEKA Softline – прил. 2 – момент инерции $I_x = 58,60 \text{ см}^4$), момент инерции которого превышает требуемое значение – $I_x \text{ треб.} = 40,1 \text{ см}^4$. В этом случае армирующие вкладыши рамных профилей, соединяемых усилителем, фактически не принимаются в расчет при действии ветровой нагрузки, а работают в общей схеме витража исключительно как элементы, обеспечивающие жесткость – как конструкции в целом, так и отдельных рам, из которых собирается витраж. Каждая из рам доставляется к месту монтажа отдельно, и в этом случае к каждой из них может быть применен такой термин как «отправочный элемент» или «отправочная марка».

Необходимый момент инерции горизонтальной поперечины (поз. 2) набран в данном случае как сумма моментов инерции армирующего профиля импоста (арт. 113 025 системы VEKA Softline – прил. 2 – момент инерции $I_x = 2,32 \text{ см}^4$) и усилителя (арт. 113. 011.3 системы VEKA Softline – прил. 2 – момент инерции $I_x = 27,39 \text{ см}^4$). Таким образом, суммарный момент инерции составляет $I_x = 2,32 \text{ см}^4 + 27,39 \text{ см}^4 = 29,71 \text{ см}^4$, что превышает требуемый $I_x \text{ треб.} = 28,7 \text{ см}^4$; а армирующий профиль импоста и усилитель, прикручиваемый саморезом, в данном случае работают совместно.

Следует отметить, что принятая в данном случае конструкция витража предполагает деление его по вертикали на две отправочные марки – рамы, размером 2.4 x 2.5 м и 1.0 x 2.5 м, что удобно для транспортировки и монтажа.



Витражи из ПВХ-профилей. Вверху – витраж «блочного типа» из спаренных рамных профилей. Внизу – в витраже применены импосты с усилителями



**ПВХ-окна в доме из профилированного бруса. Двухстороннее ламинирование
«под дерево»**

Конструктивное решение витража, описанное выше в примере 3, несомненно представляется удобным с точки зрения унификации производства и технологии монтажа конструкций. Однако следует отметить, что элементы дробления остекления, образуемые спаренными рамными профилями, непривлекательны эстетически и грубо выглядят с точки зрения архитекторов. Эта причина является серьезным препятствием для применения остекления из ПВХ на многих строительных объектах.

Кроме того, как показывает опыт установки и эксплуатации витражей из ПВХ в отечественных условиях, такая схема оправдывает себя только при решении достаточно узкого спектра задач, — таких как застекление небольших витрин, балконов и перегородок, устанавливаемых внутри помещения.

В более сложных случаях — при остеклении даже небольших по площади стен зимних садов, павильонов или фасадов, т.е. там где непосредственно требуется пространственная жесткость конструкции, такой подход, как правило, обнаруживает свою несостоятельность, поскольку отдельно прикрепляемые к профилям и не соединенные между собой усилители не в состоянии обеспечить работу витража из плоскости. При этом армирование отдельных отправочных элементов — рам, как известно, также не соединяется между собой в углах.

В результате подверженность ПВХ значительным температурным деформациям приводит к тому, что отдельные рамы, соединенные усилителями, выгибаются в углах. При этом сами углы, не имеющие армирования, являются многочисленными пластическими шарнирами — слабым местом даже и по отношению к ветровой нагрузке.

В настоящее время уже немало фирм заменяют схему, описанную выше, на комбинацию ПВХ-профилей со сварным жестким металлическим каркасом, воспринимающем все статические нагрузки. Каркас из прямоугольных труб, повторяющий заданное дробление витража импостами, сваривается и устанавливается непосредственно на стройплощадке, после чего на нем закрепляются рамы из ПВХ, или их отдельные элементы, изготовленные в заводских условиях.

Такое решение, безусловно, более неудобно с точки зрения технологии, однако при этом оно позволяет значительно расширить возможности ПВХ-профилей с точки зрения применения в витражных конструкциях различного типа и конфигурации. Примером такого решения может служить фасад индивидуального жилого дома,

показанный на рис. 9.8, остекление которого имеет отрицательный угол наклона.

Профили импоста, закрепленные на жесткой несущей раме (а не спаренные профили рам в традиционном решении), придают остеклению зрительную легкость, а ламинирование под дерево (практически невозможное для алюминия) позволяет конструкции из ПВХ хорошо гармонировать с фасадом дома из оцилиндрованных бревен.



Рис. 9.8. Остекление фасада индивидуального жилого дома с отрицательным углом наклона. Авторы проекта остекления — И.В. Борискина, Ю.А. Борискин. Профильная система VEKA Softline AD. Фрагмент фасада

9.2. ТЕХНОЛОГИЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОКОННЫХ БЛОКОВ

При установке оконных блоков в стенах гражданских зданий, должны быть соблюдены следующие основные требования:

1. Обеспечение надежного закрепления оконного блока в стене. При этом необходимо учесть его возможные температурные деформации.
2. Обеспечение необходимого температурно-влажностного режима в месте примыкания оконной коробки (рамы) к стене. При этом оконный блок должен быть установлен таким образом, чтобы избежать промерзания оконных откосов и непосредственно профиля рамы, ведущего к выпадению на них конденсата в расчетный зимний период.
3. Монтажные швы, образуемые по всему периметру примыкания оконной коробки к стене, должны быть:
 - плотными и герметичными;
 - иметь низкую теплопроводность и высокую долговечность;
 - воспринимать температурные растяжения-сжатия оконного блока, при этом не теряя своей герметичности;
 - обладать достаточной устойчивостью к воздействию парообразной и капиллярной влаги.

На основании перечисленных требований, с учетом изложенных в предыдущей главе расчетов на ветровую нагрузку и архитектурных условий, разрабатываются *рабочие чертежи на установку оконных блоков, включающие в себя набор характерных сечений и детальную проработку узлов примыкания к наружным стенам.*

Ниже (рис. 9.17 - 9.20) приведены такие чертежи для оконных блоков различных систем. При этом особенное внимание уделено ПВХ-системам, как наиболее технологичным, но вместе с тем, и наиболее сложным в монтаже за счет значительных температурных деформаций. Алюминиевые окна представлены с точки зрения их специфических возможностей при утеплении фасадов реконструируемых зданий, а также применения в сложных навесных конструкциях.

Остановимся более подробно на принципах подготовки и разработки проектных решений по установке оконных конструкций в наружных стенах гражданских зданий со ссылками на имеющиеся иллюстрации.

9.2.1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В УЗЛЕ ПРИМЫКАНИЯ ОКНА К НАРУЖНОЙ СТЕНЕ

Конструкция остекления обладает термическим сопротивлением в 2-3 раза более низким по сравнению с глухими участками наружных стен. В местах устройства световых проемов, таким образом, происходит ослабление общего термического сопротивления наружной оболочки здания, что сопровождается формированием характерных температурных полей у оконных откосов.

На рис. 9.9 показано температурное поле, формируемое в наружной стене жилого дома из однослойных керамзитобетонных панелей, полученное в результате расчета по программе «ТЕМП-1», разработанной на кафедре Архитектуры МГСУ. Наружная температура принята равной $t_n = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$, внутренняя температура принята равной $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

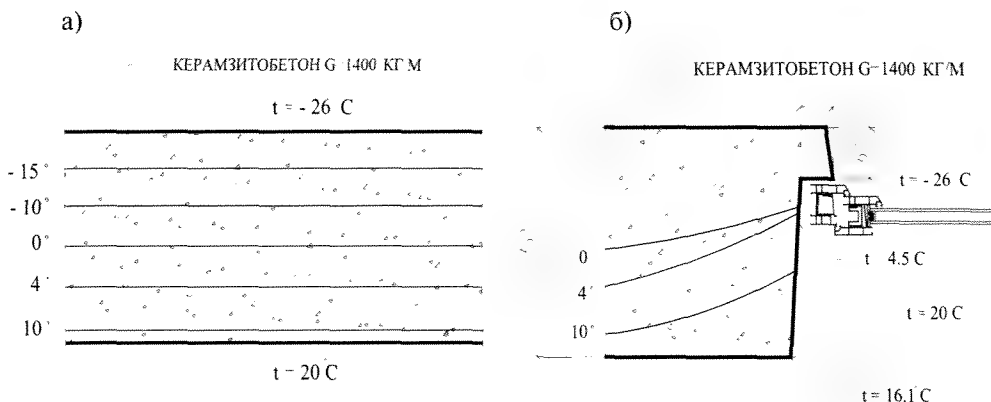


Рис. 9.9. Температурное поле в наружной стене из однослойных керамзитобетонных панелей:
а) на сплошном протяженном участке; б) в узле примыкания окна

На сплошном протяженном участке конструкция наружной стены является теплофизически однородной (см. рис. 9.9а). Изотермы в ней расположены параллельно поверхности стены, а тепловой поток направлен перпендикулярно изотермам изнутри помещения наружу. В месте установки окна в температурном режиме конструкции начинают сказываться одновременно два негативных фактора. С одной стороны, резко падает непосредственно термическое сопротивление ограждения, с другой, — появляются дополнительные потери тепла через откос. Температурное поле в узле примыкания окна (ширина оконной коробки 60 мм, термическое сопротивление пакета профилей $R = 0.5 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$) показано на рисунке (см. рис. 9.9 б)

По мере приближения к окну, параллельные изотермы изгибаются в сторону наружной поверхности, так что оконный откос оказывается почти полностью в холодной зоне. Температура в месте примыкания оконной коробки к стене при этом находится значительно ниже точки росы, что в свою очередь, приводит к выпадению в этом месте обильного конденсата по всей высоте окна.

При совместном рассмотрении рисунков отметим, что установка окна в данном случае уже изначально была произведена в зоне отрицательных температур.

На рис. 9.10 показано температурное поле при условии передвижения окна в сторону помещения, и соответственно, в теплую зону стены. Здесь представлен так называемый вариант *наружного утепления узла примыкания*. В этом случае откос обогревается теплым воздухом помещения, а утеплитель препятствует утечке этого тепла наружу. Тепло получает возможность как бы «локально аккумулироваться» в толще стены вблизи узла примыкания окна. Верхний и нижний рисунок иллюстрируют влияние толщины эффективного утеплителя на температуры откоса в месте установки коробки и на углу. Из рисунка видно, что развитие утепленной зоны вглубь стены препятствует теплопотерям через плоскость откоса и приводит к повышению его температур. Наиболее благоприятная ситуация складывается при условии установки окна в трехслойной панели, т.е. в том случае, когда даже максимально возможное конструктивно смещение его в сторону улицы не приводит к попаданию коробки в зону отрицательных температур и к переохлаждению откоса как показано на рис. 9.11.

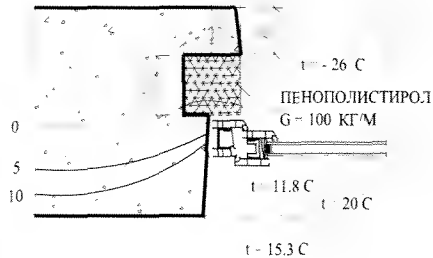
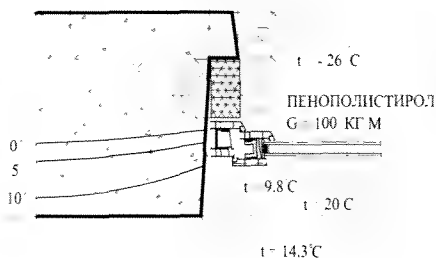


Рис. 9.10. Температурное поле в узле примыкания окна к стене из однослойных керамзитобетонных панелей с дополнительно утепленной четвертью

КЕРАМЗИТОБЕТОН G-1400 КГ/М

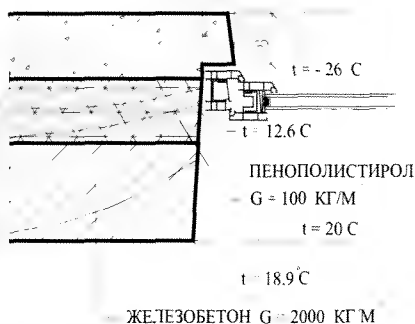


Рис. 9.11. Температурное поле в узле примыкания окна к стене из трехслойных панелей



Рис. 9.12. Температурное поле в узле примыкания окна к стене из однослойных керамзитобетонных панелей с оконным откосом, дополнительно утепленным изнутри

На рис. 9.12 показан вариант внутреннего утепления оконного откоса стены из однослойных керамзитобетонных панелей. Такой вариант представляется наиболее простым и технологичным с точки зрения исполнения, однако не дает ощутимого теплотехнического эффекта. Окно при этом остается в области отрицательных температур стены, а расположенный изнутри утеплитель препятствует обогреву откоса теплым воздухом помещения. Кроме того, в этом случае поступающая из помещения влага будет конденсироваться в плоскости соприкосновения пористого утеплителя с более плотным бетоном, что приведет к постепенному накоплению влаги в утеплителе и, соответственно, к потере его теплозащитных качеств.

9.2.2. ПРАВИЛА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОКОННЫХ БЛОКОВ В СТЕНАХ

Наибольшую сложность при решении вопроса о закреплении оконного блока представляют окна из ПВХ. Высокий коэффициент температурного расширения ПВХ

(см. главу 2) в сочетании с малой общей жесткостью рамы за счет отсутствия соединения внутренних армирующих элементов между собой по углам, обуславливают необходимость более продуманного их крепления по сравнению с окнами других систем.

Для монтажа окон используют специальные *монтажные пластины* или *дюбели* (рис. 9.13).

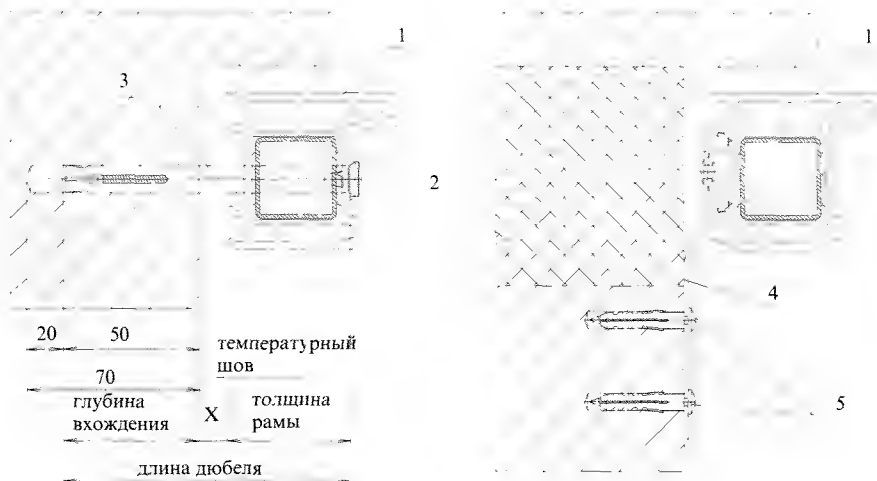


Рис. 9.13. Закрепление окна из ПВХ в наружных стенах различной конструкции: а) сплошная кирпичная стена; б) кирпичная стена с пористым эффективным утеплителем: 1 — оконная рама, 2 — утеплитель в стене, 3 — дюбель, 4 — монтажная пластина, 5 — анкер

Через крепежные элементы ветровая нагрузка, воспринимаемая окном, передается на непрозрачные участки наружных стен. При этом выбор типа крепления определяется конструкцией примыкающего участка стены.

Исходя из закономерностей формирования температурных полей (см. раздел 9.2.1), установка окна должна производиться в теплой зоне наружного ограждения, для того, чтобы избежать промерзания оконных откосов. В зависимости от расположения утеплителя в стене или от принятого способа дополнительного утепления откоса (рис. 9.10-9.12), оконная коробка может непосредственно примыкать как к твердому материалу — кирпичу, бетону и т.п., так и к легкому пористому утеплителю.

Как дюбель, так и монтажная пластина обеспечивают возможность свободной подвижки оконного блока при его нагревании-охлаждении, вызванном изменением температур наружного воздуха. При нагревании оконного блока и, соответственно, увеличении его размеров в большую сторону, *монтажная пластина* (поз. 4, рис. 9.13) изгибается, а закрепленные в стене *анкеры* (поз. 5, рис. 9.13) работают на выдергивание.

Дюбель (поз. 3, рис. 9.13) работает на выдергивание при охлаждении окна, сопровождающемся уменьшением его размеров. При этом обеспечивается возможность свободной подвижки оконного блока при его температурном расширении вдоль собственной оси дюбеля.

Более мощные, по сравнению с монтажными пластинами, дюбели хорошо работают на изгиб, и, соответственно, лучше воспринимают ветровую нагрузку. Однако,

при таком способе крепления, окно может примыкать только к твердому материалу. Учитывая, что утеплитель в конструкции стены расположен, как правило, ближе к наружной поверхности, окно, закрепляемое, при помощи дюбелей, неизбежно должно быть смещено вглубь в сторону помещения, что приводит к дополнительному затенению светопроема. Пример такой установки показан на рис. 9.18 (раздел 9.2.4).

Окна из ПВХ имеют большое количество требуемых точек крепления, в которых устанавливаются крепежные элементы. На рис. 9.14. приведена схема крепления, принятая как общее правило большинством фирм-производителей профилей с шагом закрепления, равным 700 мм.

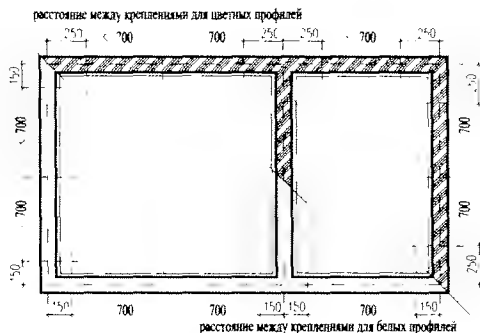


Рис. 9.14. Схема закрепления окна из ПВХ в стене

Следует отметить, что при установке дюбелей в нижнюю горизонтальную часть окна, возникает вероятность попадания дождевой воды в стену (через неплотности в наружном контуре уплотнения и сквозные отверстия, просверленные в коробке, под дюбель). Поэтому **в нижней части окно необходимо закреплять только с помощью анкеров** (рис. 9.15).

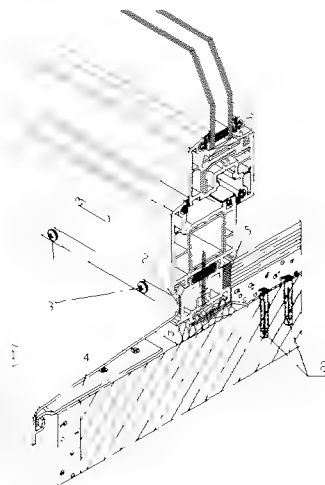


Рис. 9.15. Нижний узел примыкания окна из ПВХ к наружной стене:

- 1 — алюминиевый отлив,
- 2 — герметизирующая лента для наружной гидроизоляции, 3 — крепление шурупами, 4 — дополнительный держатель при ширине отлива > 150 мм,
- 5 — предварительно сжатая уплотнительная лента (ПСУЛ),
- 6 — монтажная пена, 7 — монтажная пластина, 8 — анкер

9.2.3. ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА МОНТАЖНЫХ ШВОВ. НАЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В месте примыкания окна к непрозрачным участкам наружных стен по всему периметру образуются *монтажные швы*, подвергающиеся в процессе эксплуатации силовым нагрузкам и разнообразным воздействиям внутренней и наружной среды (рис. 9.16).

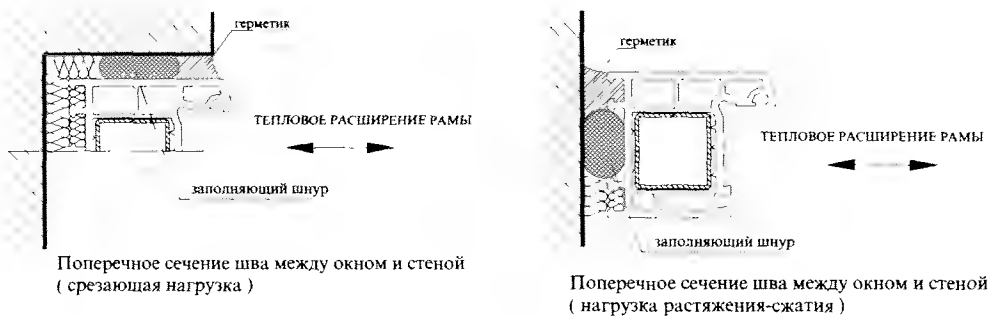


Рис. 9.16. Нагрузки и воздействия на монтажный шов, образуемый в месте примыкания оконного блока к непрозрачным участкам наружных стен

Монтажные швы воспринимают усилия растяжения-сжатия, возникающие при температурном расширении-сжатии рамы. На них воздействуют атмосферная влага, ветер, солнечная радиация, а также перепады температур внутреннего и наружного воздуха. Через монтажные швы осуществляется диффузия парообразной влаги изнутри помещения наружу. Кроме того, через неплотности в местах примыкания оконных блоков к стенам в помещение может проникать уличный шум.

В соответствии с характером воспринимаемых воздействий может быть определен комплекс требований к монтажным швам, сформулированный в виде следующих основных положений.

Монтажный шов в месте примыкания оконной коробки к стене должен:

- обеспечивать свободное температурное расширение оконного блока при повышении температуры наружного воздуха;
- быть плотным, герметичным, воздухонепроницаемым;
- обладать устойчивостью к воздействию атмосферной влаги;
- обладать необходимыми теплозащитными качествами (термическим сопротивлением), достаточными для того, чтобы исключить локальное промерзание ограждающей конструкции по монтажному шву;
- обладать достаточной долговечностью и сохранять стабильность своих свойств на протяжении всего расчетного периода эксплуатации окна;
- иметь хорошую сопротивляемость к воздействию водяного пара, идущего в холодный период изнутри помещения наружу.

При этом очевидно, что даже при очень хорошо продуманном уплотнении, за счет существенной разницы парциальных давлений водяного пара, содержащегося во внутреннем и наружном воздухе, некоторая доля парообразной влаги все равно будет проникать в толщу шва. По мере приближения к наружной поверхности, разница давлений между влагой, находящейся в шве и наружном воздухе, будет постепенно выравниваться. Если наружный контур шва сделать таким же плотным, как и внутренний, влага будет постепенно накапливаться в шве, что приведет к потере его теплозащитных качеств. Поэтому при устройстве монтажных швов всегда необходимо соблюдать принцип «изнутри плотнее, чем снаружи».

Очевидно, что сложные условия работы монтажного шва не позволяют удовлетворить весь набор предъявляемых к нему требований при использовании какого-либо одного уплотнительного материала. Поэтому для обеспечения надежного

уплотнения в месте примыкания окна к стене необходимо применять **комплекс материалов, в совокупности образующих определенную систему.**

Шов должен включать в себя:

1. Низкотеплопроводный податливый материал с низким модулем упругости, легко сжимаемый и возвращающийся в прежнее положение с малыми остаточными деформациями. Уплотнительные шнуры и специальные ленты (так называемые *предварительно сжатые уплотнительные ленты* — ПСУЛ), выполненные из материала с такими характеристиками и прокладываемые между стеной и окном, не препятствуют свободному температурному расширению оконного блока при нагревании, а при охлаждении принимают исходную форму, сохраняя таким образом теплозащитные свойства шва. В качестве примера материалов такого рода можно назвать уплотнительные ленты немецких фирм Wurth, Illbruck, герметик «Вилатерм» на основе вспененного полиэтилена АО «Стройдеталь» и др. Уплотнительные ленты и шнуры выпускаются различной толщины, что позволяет применять их в различных монтажных ситуациях.
2. Утеплитель, заполняющий пустоты, не попадающие в зону воздействия температурных напряжений растяжения-сжатия. Наиболее применяемым подобным утеплителем в настоящее время является саморасширяющийся полиуретановый герметик типа Макрофлекс (производитель — фирма UREPOL OY — Финляндия).
3. Уплотнительный влагонепроницаемый материал, защищающий шов от воздействия водяного пара, идущего из помещения, и от попадания атмосферной влаги. В качестве такого материала, как правило, применяются резино-подобные силиконовые герметики или специальные уплотнительные ленты.

Толщина шва назначается, исходя из условия возможного удлинения элементов оконного блока при нагревании. По данным немецких производителей, для окон из ПВХ температурные изменения длины составляют:

- 1.6 мм/м для твердого белого ПВХ и
- 2.4 мм/м для твердого цветного ПВХ.

На основании этих данных строится таблица, отражающая зависимость ширины монтажных швов от длины элемента оконной рамы, приведенная в прил. 5. При пользовании таблицей следует помнить, что испытания немецких профилей на нагревание-охлаждение проводятся при температуре внутреннего воздуха, равной +20°C и наружных температурах соответственно +65°C и -15°C.

ОПИСАНИЕ МОНТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- **Оконный уплотнитель на основе вспененного полиэтилена — «Вилатерм».** Производитель — АО «Стройдеталь» (Россия). Выпускается в виде шнуров диаметром 8, 12, 20, 30, 40 и 50 мм. Имеет малый объемный вес $\rho = 35-50 \text{ кг/м}^3$ и низкий коэффициент теплопроводности $k = 0.03 - 0.04 \text{ Вт/м К}$. Относительная остаточная деформации при сжатии на 25% составляет 10%, при сжатии на 50% - 20%.

- **Монтажная пена**— относится к группе полиуретановых герметиков. Наиболее известные производители — АО «Урепол» (UREPOL OY — Финляндия), «Иллбрук» (ILLBRUCK — Германия), «Саудал» (Soudal — Германия). Поставляется в баллонах, емкостью 500, 650, 750 и 1000 мл.

По своей структуре пена является ячеистой полиуретановой пластмассой, которая, при выходе из баллона, вулканизируется под воздействием влажности, содержащейся в воздухе, при этом приблизительно в 20-30 раз увеличиваясь в объеме.

Затвердевание пены происходит за счет химической реакции с влагой, содержащейся в воздухе или на обрабатываемых поверхностях. После затвердевания пена представляет из себя однородную ячеистую пластмассу, в ячейках которой находится воздух.

Работы с пеной следует производить при температурах от +5°C до +35°C. При температурах ниже 0°C в воздухе содержится недостаточно влаги, и вулканизация пены не происходит. Оптимальная температура нанесения +15 - +20°C. Эксплуатация затвердевшего герметика возможна в интервале температур от - 40°C до +100°C.

Затвердевшая пена имеет малый объемный вес $\rho = 20-25 \text{ кг/м}^3$ и обладает низким коэффициентом теплопроводности $k = 0.036 \text{ Вт/м К}$. Обладает малой прочностью на растяжение-сжатие — порядка 1.5 МПа (для сравнения эта величина для твердого ПВХ составляет 80-90 МПа). Затвердевшая пена — хрупкий и малопластичный материал. Она выдерживает лишь около 10% изменения толщины шва, после чего происходит разрушение ячеистой структуры.

Вплоть до недавнего времени существовало мнение о том, что монтажная пена, легко проникающая во все неплотности и имеющая хорошие теплотехнические характеристики, может быть эффективно использована в качестве единственного и достаточного материала, применяемого для заполнения монтажного шва. Немало отечественных практиков-монтажников считало, что пена может надежно «склеить» между собой окно и стену, что позволяет при монтаже окна полностью отказаться от закрепляющих его в стене анкеров и дюбелей.

Однако, даже небольшой опыт первых монтажей убедительно доказал ошибочность такого подхода. Процесс ускорило наличие на отечественном рынке большого количества некачественных саморасширяющихся герметиков, а также несоблюдение инструкций по применению, предлагавшихся серьезными производителями.

Для хорошей и качественной монтажной пены характерны:

- широкий интервал рабочих температур, при которых возможно ее нанесение;
- пористость, равномерно распределенная по объему в застывшем состоянии, что можно сразу же увидеть, сделав срез застывшей пены ножом, а при использовании так называемой «профессиональной» пены, наносимой при помощи монтажного пистолета, возможно регулирование объема пор;
- стабильность свойств и объема при изменении температуры и влажности окружающей среды.

При нанесении пены в холодную погоду (ниже +0°C) в воздухе содержится недостаточно влаги, в результате чего лишь небольшая часть молекул вещества, образующего пену, оказывается способной вступить в химическую реакцию с молекулами воды, содержащимися в воздухе. Весь остальной объем пены укладывается в шов в «законсервированном» состоянии. Как только в воздухе появляется дополнительная

свободная влага (весной или в период продолжительной оттепели), сразу же начинается химическая реакция. Увеличивающаяся в объеме пена начинает давить на оконный блок и, при отсутствии крепежных элементов, окно может быть частично выдавлено из проема.

Таким образом, при использовании саморасширяющихся полиуретановых герметиков в монтажных швах прежде всего следует помнить, что пена, уложенная в шве, является утепляющим материалом, проявляющим *двойную чувствительность к воздействию влаги*.

1). Как непосредственно пористый материал, хорошо абсорбирующий влагу, что характерно практически для всех утеплителей (за исключением экструдированного пенополистирола (марки Styrodur и др.), имеющего мелкие замкнутые поры).

2). Как материал незамедлительно вступающий в химическую реакцию при соприкосновении с влагой.

В силу указанных причин, пена, *содержащаяся в монтажном шве, должна быть хорошо защищена от влаги, — не только атмосферной, но и от парообразной, идущей изнутри помещения наружу, а также от капиллярной, находящейся в стене.*

- **Силиконовые герметики** — резиноподобные однородные материалы белого, серого или розового оттенка. Предназначены для герметизации швов в оконных и других конструкциях, подверженных воздействию влаги. Поставляются в тубах по 310 мм. Вулканизируются на воздухе при выдавливании из тубы монтажным пистолетом. Для большинства силиконовых герметиков побочным продуктом вулканизации является уксусная кислота, для некоторых — спирт и метилкетоксим.

Температура нанесения силиконов от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$, температура эксплуатации от -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Силиконы очень пластичны. Их относительное удлинение при разрыве колеблется в пределах 100 — 250% в зависимости от типа силикона. Силиконы обладают низким пределом прочности при растяжении — порядка 0.5 МПа, при этом остаточные деформации составляют от 5 до 20%. Плотность силиконов составляет 1000 — 1500 кг/м³.

- **Герметики на основе полиуретана** — очень похожи по внешнему виду на силиконовые герметики, при этом могут работать в более жестких условиях по сравнению с последними. Имеют отличные показатели по адгезионной способности к стеклу, бетону, ПВХ, алюминию, цементно-песчаному раствору. Обладают очень высокой атмосферостойкостью.

9.2.4. УСТАНОВКА ОКОННЫХ БЛОКОВ В СТЕНАХ. РАЗРАБОТКА УЗЛОВ ПРИМЫКАНИЯ

На рис. 9.17 — 9.20 показаны вертикальные и горизонтальные сечения оконных блоков, установленных в стенах различной конструкции. При этом принцип установки окна в «теплой зоне» стены соблюдается для всех окон, независимо от типа применяемого профиля. Исключение составляет алюминиевое окно, показанное на рис. 9.19, по архитектурным соображениям смонтированное в навесном варианте для создания единой плоскости фасада. В этом случае роль «холодного» откоса выполняют навесные крепежные профили (поз. 9 и 19), а возможность выпадения на них конденсата практически полностью исключается за счет воздушных прослоек, образуемых полыми профилями.

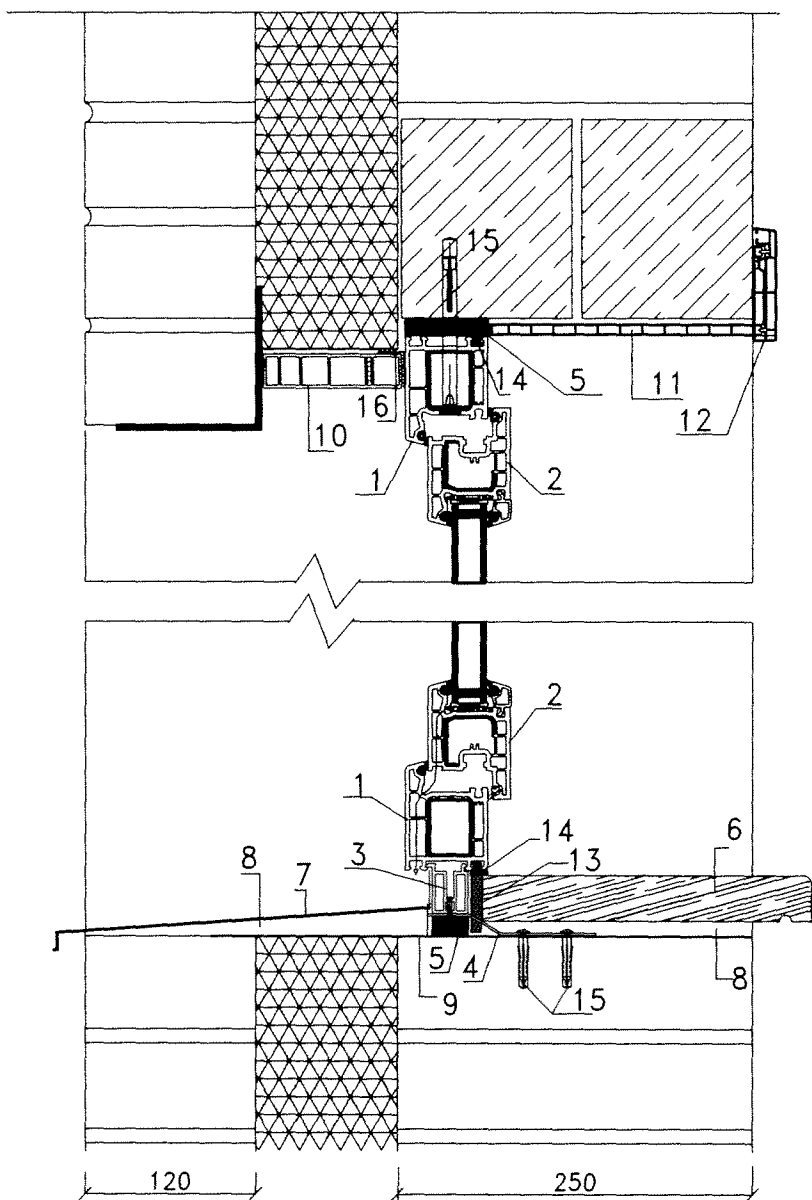


Рис. 9.17. Установка окна из ПВХ в кирпичной стене с эффективным утеплителем (система Veka Softline AD) Вертикальный разрез, 1 – коробка, 2 – створка, 3 – подставочный профиль, 4 – отвод воды из профилей, 5 – предварительно сжатая уплотнительная лента (ПСУЛ), 6 – подоконник, 7 – отлив, 8 – цементно-песчаный раствор, 9 – дополнительная защита утеплителя от увлажнения (фольгированная уплотнительная лента), 13 – монтажная пена, 14 – силикон, 16 – монтажная пластина, 17 – крепление анкерами
Окно, закрепленное с помощью дюбеля в твердый материал, смещено вглубь светопроема, что приводит к дополнительному затенению

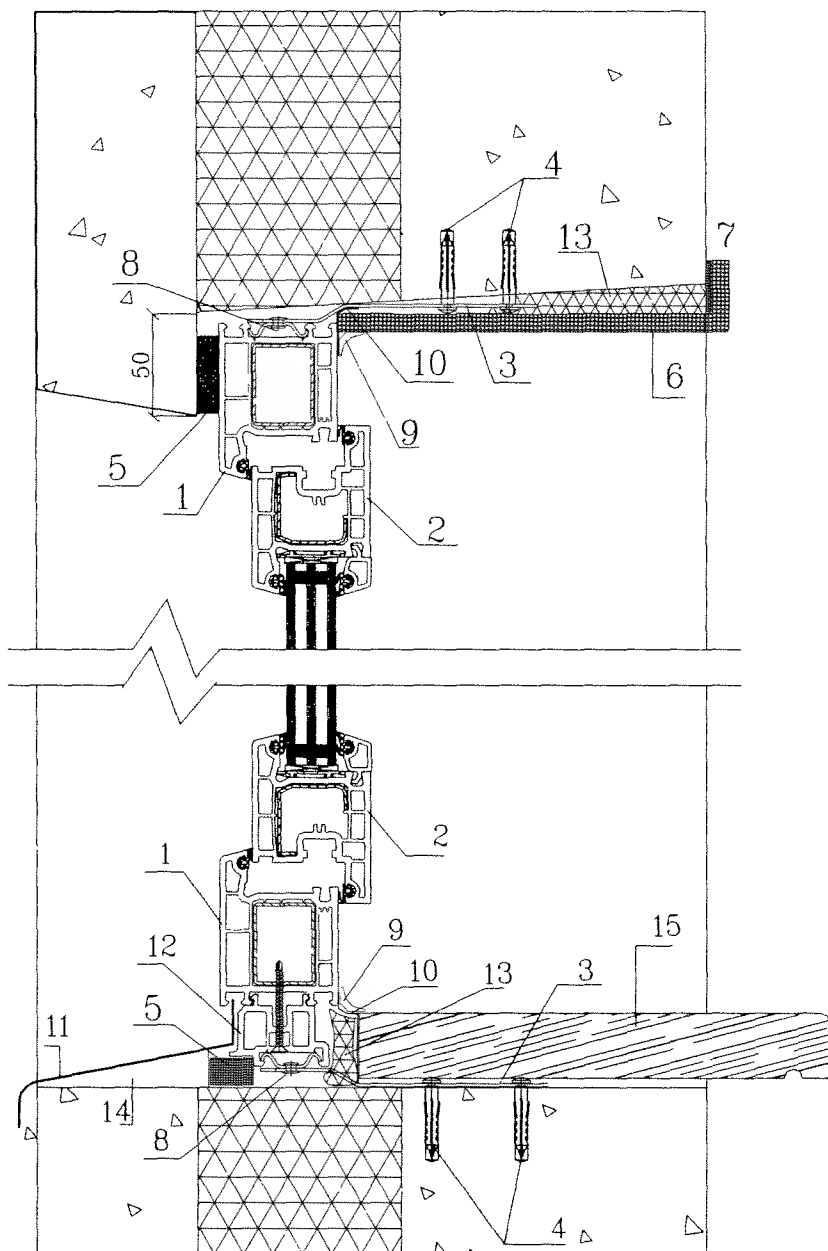


Рис. 9.18. Установка окна из ПВХ в стене из трехслойных железобетонных панелей.
Вертикальный разрез. Система – Veka Softline AD: 1 – коробка, 2 – створка, 3 – монтажная пластина, 4 – крепление анкерами, 6 – предварительно сжатая уплотнительная лента (ПСУЛ), 9 – декоративная накладка, 10 – подставочный профиль, 11 – отлив, 12 – лента для пароизоляции, 13 – монтажная пена, 14 – цементно-песчаный раствор, 15 – подоконник

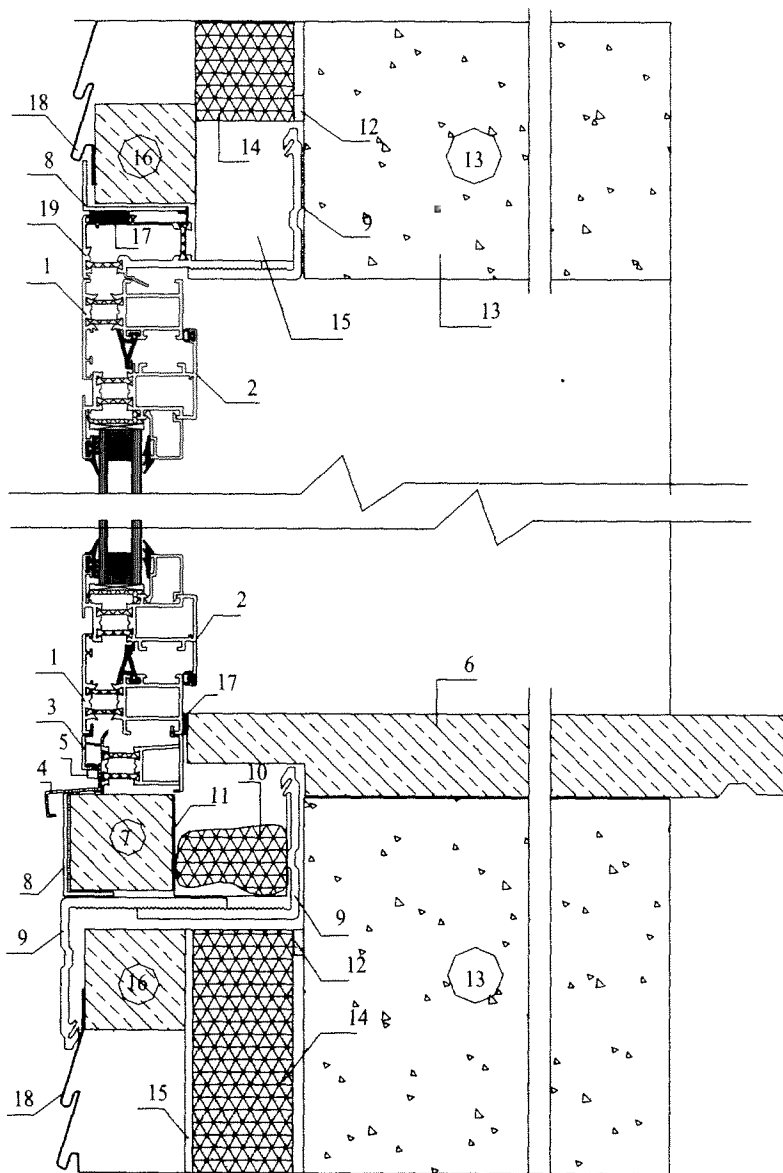


Рис. 9.19. Применение алюминиевых окон в утепляемых фасадах зданий (система Yawal PI 50).

Вертикальный разрез: 1 – оконная коробка, 2 – створка, 3 – подставочный профиль, 4 – отлив, 5 – соединитель, 6 – подоконник, 7 – опорный брус для оконного блока, 8 – облицовочный профиль, 9 – крепежный стеновой профиль, 10 – утеплитель (заполнение монтажной пеной), 11 – фольга, 12 – клей для точечной приклейки плитного утеплителя, 13 – существующая стена утепляемого фасада, 14 – утеплитель – жесткие минераловатные плиты, 15 – вертикальная обрешетка – брус 50х50 мм, 16 – горизонтальная обрешетка – брус 50х50 мм, 17 – силикон, 18 – облицовочная виниловая вагонка (сайдинг), 19 – верхний и боковой крепежный профиль оконного блока

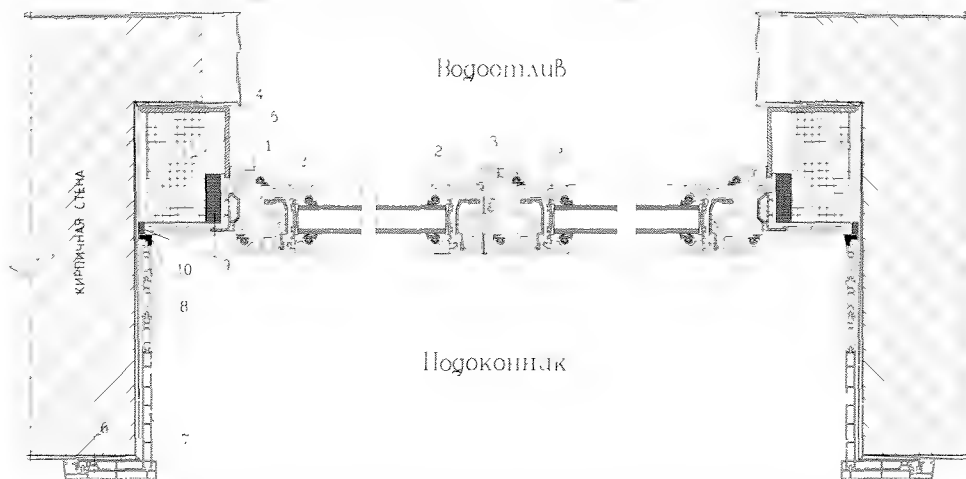


Рис. 9.20. Установка окна с реставрационным профилем из ПВХ в кирпичной стене (система – Veka Softline AD). Двухстворчатое распашное окно с ложным импостом (безимпостное) и Горизонтальный разрез: 1 – реставрационный профиль, 2 – профиль створки, 3 – ложный импост (штульповый профиль), 4 – крепежный профиль, 5 – деревянная коробка старого окна, 6, 7, 8 – облицовочные профили, 9 – предварительно сжатая уплотнительная лента (ПСУЛ), 10 – силикон



Неверный монтаж окон из ПВХ. Вверху – окно, смонтированное без подставочного профиля. Внизу – витраж не имеет требуемого количества точек закрепления по верхнему контуру



Поверхность кровли из поликарбоната имеет высокую адгезионную способность. Снег не сдувается. Высокие теплопотери приводят к подтаиванию снега и образованию льда

ГЛАВА 10.

ВИТРАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ОСТЕКЛЕНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В предыдущем разделе были рассмотрены возможности современных оконных систем, применительно к простейшему случаю — заполнению оконных проемов. В этом случае остекление выполняет чисто ограждающую функцию, а несущая способность профильной системы и заполнения (стеклопакета, стекла, светопрозрачного пластика) практически не принимается к рассмотрению. Гораздо более сложной выглядит ситуация, связанная с необходимостью остекления больших поверхностей, как строго вертикальных, так и наклонных, т.е. в том случае, когда доля светопрозрачных ограждений в общей площади ограждающих конструкций помещения приближается к 100%, а оконные профили частично выполняют несущую функцию. Необходимость решения задач такого уровня сложности, как правило, связывается с устройством остекленных фасадов, зимних садов, торговых павильонов и т.п., для которых фирмами-производителями выпускаются специальные системы профилей. В дальнейшем такие профили будем называть *системными*.

В витражных системах применяются прочные, высоко технологичные профили, требующие минимального ухода и стойкие к атмосферным воздействиям. Сложившееся соотношение цен определяет два класса системных профилей по сложности. К первому классу относятся зимние сады, небольшие торговые павильоны, сплошное остекление лестничных клеток, небольших участков стен, балконов, веранд и т.п. В этих случаях профиль не воспринимает больших статических нагрузок, но вместе с тем должен быть технологичным и удобным в монтаже. Предъявляемым требованиям на этом этапе вполне соответствуют ПВХ-профили, а более дорогой алюминий используется реже. Ко второму классу относятся остекленные фасады многоэтажных административных зданий, купола и своды, а также фонари верхнего света большой площади. В таких конструкциях однозначно используются алюминиевые профили, разнообразие которых предоставляет широкий набор возможностей для архитектора.

Совершенно очевидно, что в рамках данного пособия не представляется возможным проанализировать и оценить все многообразие системных профилей и витражных конструкций, подход к разработке и проектированию которых значительно отличается у различных производителей.

В отдельную группу могут быть вынесены светопрозрачные межкомнатные перегородки, не являющиеся наружными ограждениями, но, вместе с тем, относящиеся к группе витражных конструкций по своей конструктивной схеме и характеру воспринимаемых статических и динамических нагрузок.

Приведем краткое описание основных групп витражных конструкций, обозначив принципиальные подходы к проектированию, характерные для каждой из них. Поскольку основное внимание в книге уделено оконным системам из поливинилхлорида, имеет смысл в процессе изложения более подробно остановиться на специфике применения профильных ПВХ-систем в данной конкретной области.

10.1. ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ

Под фасадными системами будем понимать системы оконных профилей, специально разработанные для создания сплошного остекления как на отдельных участках фасада здания, так и по всей его плоскости. При этом все фасадные системы включают в себя группу специальных профилей для светопрозрачной кровли, выполняемой из стекла или прозрачного пластика.

Фасадные системы воспринимают значительные по величине ветровые нагрузки; на профили воздействуют собственный вес стекла и температурные напряжения. В местах стыковки образующих элементов (профильной системы и заполнения) остекленные фасады могут промокать под сильным дождем.

Профильные системы из поливинилхлорида, обладающие значительным коэффициентом температурного расширения (см. главу 2) и малой жесткостью рамных элементов, определяемой технологией их изготовления (см. раздел 1.2.4), имеют очень ограниченные возможности при применении их в фасадных системах. ПВХ в этой области уступает алюминию почти по всем показателям, за исключением более высоких теплозащитных качеств. В любом случае, остекленная стена на основе профильной системы из ПВХ, будет иметь более высокое приведенное термическое сопротивление по сравнению со своим аналогом, выполненным на основе алюминия.

Таким образом, серьезным препятствием для применения ПВХ в фасадных конструкциях является подверженность профильной системы значительным температурным деформациям. Ограничения по размерам элементов, накладываемые производителями профилей, не позволяют делить фасад на остекленные ячейки большой площади, что, в свою очередь, ограничивает и творческие возможности архитектора.

По своему конструктивному решению, технологии возведения и способу создания архитектурной композиции фасадные системы делятся на стандартные, структурные и полуструктурные.

Стандартные фасады (рис. 10.1) характеризуются наличием выраженного поэлементного членения. Наружная плоскость навесных ригелей и стоек выходит за плоскость остекления, а цвет и форма завершающих планок является важным элементом архитектурной композиции. Крепление остекления осуществляется исключительно механическим способом при помощи штапиков и специальных планок.

Заполнение ячеек между несущими конструкциями может осуществляться глухим остеклением, открывающимися окнами или непрозрачными сэндвич-панелями, представляющими собой жесткий экструдированный пенополистирол, облицованный пластиком.

На рис. 10.1 показано конструктивное решение стандартного фасада, выполненного из алюминиевых профилей. Несущая стоечно-ригельная система образована стойками (поз.1) и поперечинами (поз.2), соединяемыми при помощи специального элемента. Нагрузка от собственного веса остекления воспринимается опорным элементом, через который передается на ригель. Крепежные болты, устанавливаемые с шагом порядка 300 мм по горизонтали и вертикали, вкручиваются в нарезанную в профилях стоек и ригелей резьбу, проходя через несколько рядов теплоизолирующих полиамидных элементов. Количество рядов изолирующих перемычек при этом определяется толщиной остекления.

Структурные фасады (рис. 10.2) представляют из себя сложные конструктивные системы, основной идеей которых является создание сплошной гладкой поверхности остекления с минимально выраженным членением. При этом остекление прикрепляется к несущим элементам при помощи специального клея, а элементы навесной стоечно-ригельной системы полностью находятся за плоскостью остекления.

*

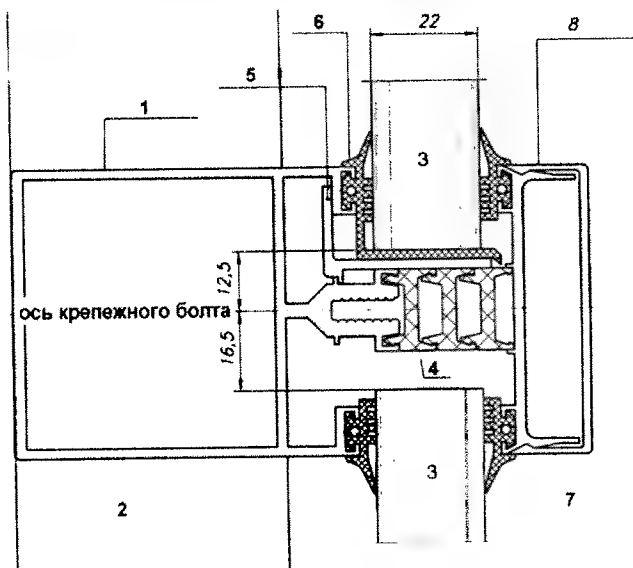


Рис. 10.1. Стандартная фасадная система алюминиевых профилей (Yawal FA 60).
Вертикальный разрез: 1 – ригель, 2 – стойка, 4 – наборные полиамидные элементы, 5 – опорный элемент для стеклопакета, 6 – уплотнители, 7 – завершающий профиль, 8 – монтажная накладка

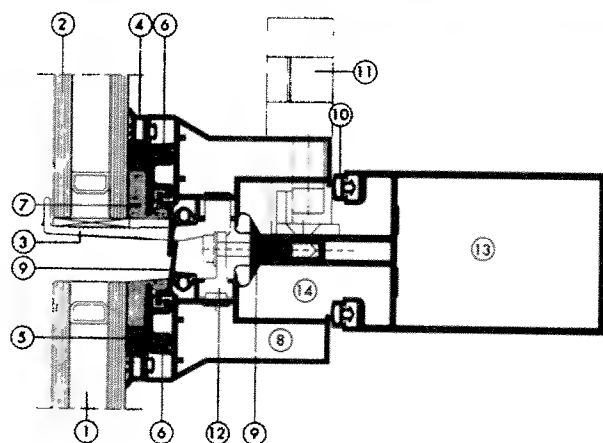


Рис. 10.2. Система структурного остекления Elegance 52 Vek (RC). Вертикальный разрез:
 1 – стеклопакет, 3 – упорный страховочный кронштейн, 4 – уплотнители для остекления,
 5 – эластичная бутиловая лента, 6 – крепежные алюминиевые профили, склеиваемые
 со стеклопакетом, 7 – структурный силиконовый клей, 8 – рамно-створочные
 алюминиевые профили, 9 – центральное уплотнение, 10 – внутреннее уплотнение,
 11 – рычаг с затворной пластиной, 12 – элемент для крепления створки, 13 – несущий
 горизонтальный алюминиевый ригель, 14 – камера для крепления фурнитуры

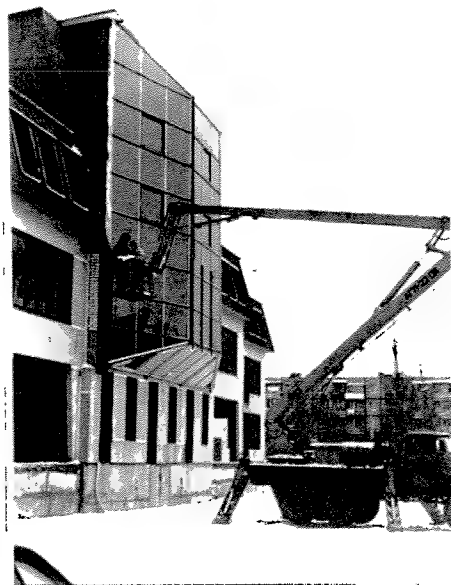
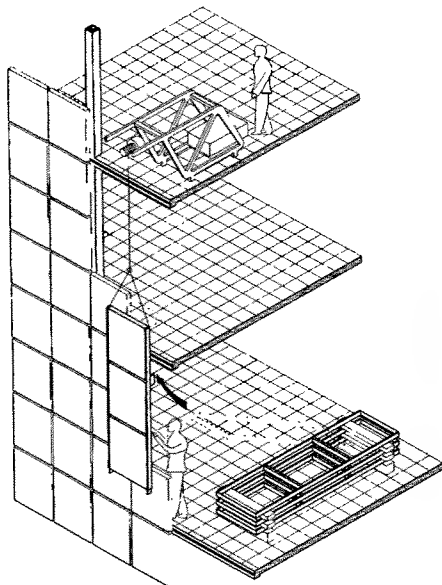


Рис. 10.4. Монтаж фасадных систем: а) структурной, б) стандартной

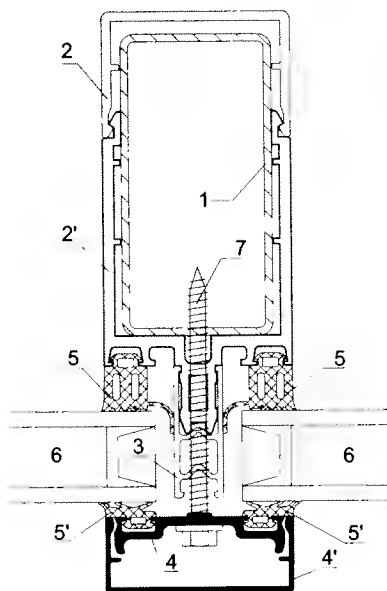


Рис. 10.5 Фасадная система Rehau Polytec 50. Сопряжение открывающегося окна с глухим участком остекления (горизонтальный разрез): 1 – стойка из оцинкованной стали, 2, 2' – профили декоративной облицовки стойки, 3 – изолятор стойки, 4, 4' – алюминиевые накладки (штульпы), 5, 5', 6 – стеклопакеты, 7 – крепежный болт

Статический расчет фасадных систем производится по специальным компьютерным программам, разрабатываемым фирмами-производителями профилей. При этом следует отметить, что на сегодняшний день не существует единой методики, позволяющей рассчитывать параметры микроклимата помещений, находящихся за стеклянной стеной (с точки зрения теплотехники, инсоляции и акустического режима).

В общей сложности можно говорить о том, что проблемы, связанные с проектированием, расчетом и возведением навесных остекленных фасадов зданий объединяют под собой одну из наиболее наукоемких и перспективных отраслей строительства, находящуюся в постоянном динамичном развитии.

Уже сейчас отдельными производителями системных алюминиевых профилей разработаны специальные конструктивные решения, направленные на повышение теплозащитных качеств профильных систем, их огнестойкости, а также различные мероприятия по использованию остекленных фасадов как аккумуляторов солнечной энергии в энергосберегающих технологиях.

10.2. ЗИМНИЕ САДЫ

Под современным понятием «зимний сад» будем понимать помещение, образованное легкими светопрозрачными конструкциями стен и кровли, пристроенное к зданию, занимающее площадь на его верхних этажах или отдельно стоящее. Помещение зимнего сада может использоваться непосредственно как оранжерея для круглогодичного произрастания теплолюбивых растений, а также для любых других функций, предусмотренных в жилом или административном здании (помещение для бассейна, тренажерного зала, отдыха, кафе, комната переговоров и др.). При этом, независимо от функционального назначения, в таких помещениях обеспечивается особое, специфическое чувство зрительного контакта с окружающей средой, а городская застройка или прилегающий парк становятся своеобразным элементом интерьера.

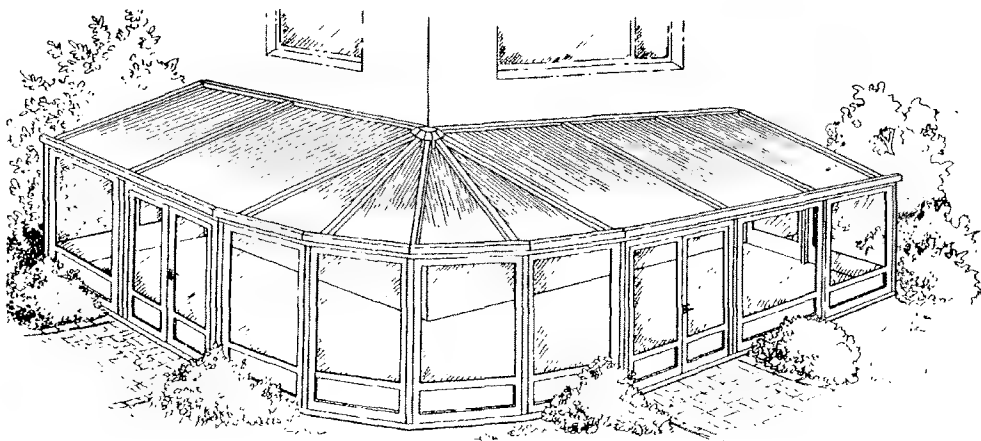


Рис. 10.6. Зимний сад, пристроенный к индивидуальному жилому дому. Общий вид

В зависимости от объемов помещения, его размеров, расположения и функционального назначения, а также от пожеланий заказчика, зимние сады могут выполняться как в алюминии, так и в ПВХ. При этом, независимо от варианта исполнения стен, в конструкции светопрозрачной кровли ПВХ используется исключительно в комбинации с мощными стальными элементами (в основном коробчатого сечения), выполняющими роль несущих стропильных конструкций.

В настоящее время у различных производителей профильных систем из ПВХ можно проследить два принципиальных подхода к проектированию зимних садов. Первый базируется на их сборке из элементов простой оконной системы, дополненной набором различных усилительных, соединительных, поворотных и удлинительных профилей, а также стропильными конструкциями кровли. Второй, более дорогой вариант, предусматривает применение фасадной системы.

При этом, *в отличие от навесных фасадов, для зимнего сада, представляющего собой сплошную светопрозрачную тонкостенную оболочку, характерно отсутствие мощных несущих элементов здания (стен, перекрытий, колонн), на которые может быть перераспределена ветровая нагрузка.* Наиболее сложный случай представляет вариант отдельно стоящего, либо пристроенного к зданию зимнего сада. В этом случае, помимо нагрузок от ветра, снега и собственного веса остекления следует принимать во внимание и усилия, воздействующие со стороны грунта.

В любом случае, *выбор той или иной системы профилей, применяемой для остекления больших поверхностей, должен исходить из необходимости обеспечения пространственной работы всего сооружения в целом.*

Следует отметить, что позиция производителей ПВХ-профилей по отношению к зимним садам носит сложный и неоднозначный характер. Многие крупные производители (в частности концерн **ВЕКА**) считают, что применение ПВХ в конструкции светопрозрачной кровли является неоправданным, и уступают эту сферу производителям алюминиевых систем. Концерны **Rehau** и **Thyssen** имеют специально разработанные системы зимних садов (ПВХ + алюминий) с проработанными конструктивными элементами кровли (рис. 10.7).

С точки зрения потребностей рынка, вторая позиция несомненно заслуживает большего понимания. С точки зрения строительного проектирования, нам следует более внимательно присмотреться к первой.

Из всех наружных ограждающих конструкций здания конструкция кровли является наиболее подверженной воздействию избыточной солнечной радиации летом и обледенения зимой. При малых уклонах на кровле скапливается снег, водоотвод с нее становится затрудненным.

Как уже отмечалось в предыдущих главах, светопрозрачные конструкции обладают гораздо более низким термическим сопротивлением по сравнению с глухими участками наружных стен и покрытий. Поэтому теплопотери через светопрозрачную кровлю будут ощутимыми по величине. Как уже отмечалось в главе 4, через остекленные поверхности, расположенные под углом к горизонту, теряется гораздо больше тепла, чем через вертикальное остекление.

Скопление снега на крыше зимнего сада приведет к образованию льда в его нижнем слое за счет подтаивания, вызванного теплопотерями. В связи с этим можно говорить о том, что в суровом российском климате значительного обледенения кровли зимнего сада можно избежать лишь при условии сдувания с нее снега, т.е. при значительных уклонах и максимально гладкой поверхности заполнения, имеющей малую адгезионную способность (стеклопакеты с флоат-стеклом).

Для снижения риска разрушения стеклянной кровли, вызванного скоплением снега, ее термическое сопротивление может быть искусственно занижено от требуемых норм теплотехники. Таким образом, искусственно создается возможность для более интенсивного таяния снега за счет высоких теплопотерь через крышу (особенно во время обильного снегопада), и стекания образующейся воды в водоотводные желоба.

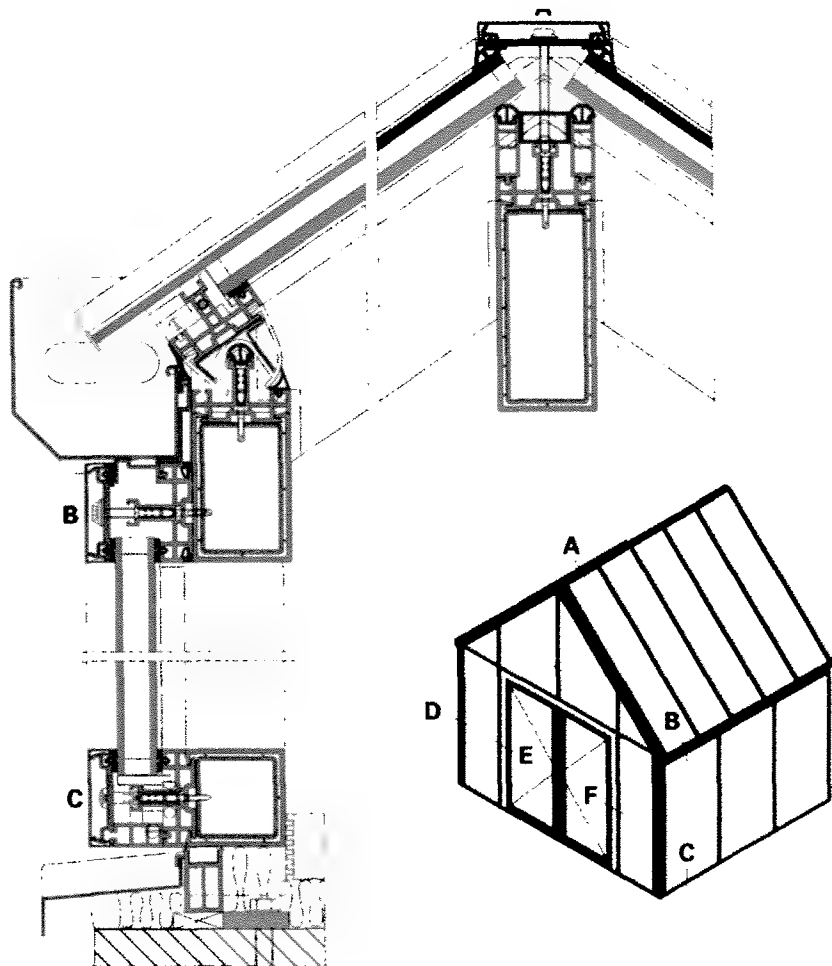


Рис.10.7. Конструктивные элементы зимнего сада. Система Thyssen

Наглядным примером такого решения могут служить тепличные хозяйства советского периода, в которых крыши теплиц имеют одно стекло, а снег на них полностью стает. При этом стены таких «парников» были запроектированы в два стекла. Современным аналогом такого решения может служить зимний сад с двухкамерным стеклопакетом в стенах и однокамерным — в крыше.

В настоящее время в Украине применяются светопрозрачные кровли из стекла или поликарбоната.

При заполнении ячеек между несущими элементами профильной системы стеклопакетами, разница коэффициентов температурного расширения ПВХ и стекла (см. главу 2), за счет накопления остаточных деформаций в профиле, находящемся под нагрузкой, неизбежно приведет к разуплотнению стыков между элементами остекления и профильной системы и появлению протечек. Время наступления подобной ситуации будет определяться такими факторами как:

- уклон кровли;
- качество монтажа (строгое соблюдение проектных размеров и геометрии, а также монтажных допусков в стыках между элементами);
- качество используемых монтажных материалов (уплотнительных лент, герметиков и т.п.);
- химический состав ПВХ, используемого в профильной системе;
- пространственная работа сооружения, схема закрепления узловых точек (жесткая или шарнирная) элементов и их свободная длина.

* Поликарбонаты — твердые, бесцветные вещества — синтетические полимеры, продукты взаимодействия двухатомных фенолов и производных угольной кислоты. Наиболее распространен поликарбонат, получаемый из дифенилолпропана и фосгена — $[C_6H_4C(CH_3)_2C_6H_4OCO-]_n$. Поликарбонаты прочны, оптически прозрачны, морозостойки, являются хорошими диэлектриками. В светопрозрачных конструкциях используются поликарбонаты, как сплошные, так и имеющие ячеистую структуру.

Таблица 10.1

Физические характеристики сплошных листовых поликарбонатов

Объемный вес, кг /м ³	1200
Теплопроводность, Вт/м К	0.2 – 0.22
Коэффициент температурного расширения, 1/°С	60 x 10⁻⁶
Модуль упругости, Н/м ²	2,4 – 100 x 10⁹
Предел прочности при растяжении, Н/м ²	57 – 80 x 10⁶
Предел прочности при сжатии, Н/м ²	80 – 85 x 10⁶
Предел прочности при изгибе, Н/м ²	90 – 110 x 10⁶
Коэффициент светопропускания	0.80 – 0.85

При использовании в качестве заполнения панелей из поликарбоната, в конструкции кровли оказываются два материала, близких друг к другу по коэффициенту температурного расширения ($80 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ у ПВХ и $60 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ у поликарбоната). При этом очевидно, что необходимо стремиться к максимально малым ячейкам между профилями, что в конструкции кровли удастся реализовать крайне редко. Как правило, при уклоне кровли свыше 30° применяются листы поликарбоната, длиной более 4 м. Лист, укладываемый по скату кровли, должен иметь возможность свободной подвижки при нагревании-охлаждении во всех четырех направлениях. При этом можно заметить очевидное противоречие, заложенное непосредственно в конструкции профильной системы.

Уплотнители в любой системе (см. главу 2) предназначены для того, чтобы обеспечить максимально плотную фиксацию стеклопакета в профиле для предотвращения проникновения атмосферной влаги в окно. Лист поликарбоната, зажатый между двумя контурами уплотнения, не может иметь свободные подвижки, за счет возникающего трения. В результате при резких суточных колебаниях температур в жаркие летние дни, поликарбонат, уложенный на крыше зимнего сада, получает периодические выгибы из плоскости, и, при накоплении остаточных напряжений, коробится.

В зимнее время температура на внутренней поверхности кровли из поликарбоната, имеющего ячеистую структуру (термическое сопротивление порядка $R=0.4-0.5 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$) будет близка к температуре воздуха внутри помещения ($+16-+18^\circ\text{C}$), при этом температура на наружной поверхности будет составлять $-24^\circ\text{C} - (-26)^\circ\text{C}$. Зная коэффициент температурного расширения поликарбоната, можно рассчитать прогиб кровли, возникающий под воздействием зимнего перепада температур.

На рис. 10.8 показана схема, иллюстрирующая пример расчета прогиба панелей из поликарбоната (в одной плоскости) при следующих исходных данных:

- ширина листа — 1225 мм, толщина — 16 мм;
- температурный перепад между внутренней и наружной поверхностью — 40 °С (наружная температура — (-24 °С), внутренняя — (+16 °С));
- коэффициент температурного расширения (КТР) — $6.5 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$.

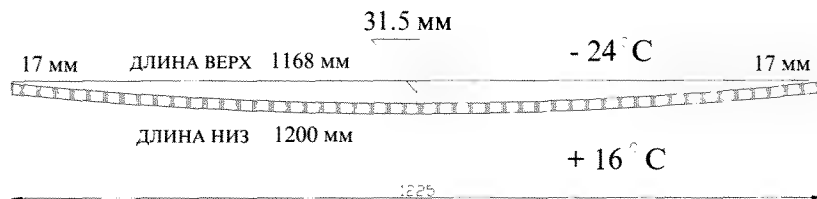


Рис. 10.8. Пример расчета прогиба панелей из поликарбоната под воздействием разности температур

Согласно нормам DIN, прогиб панелей светопрозрачной кровли не должен превышать 8 мм. Из рис. 10.8 видно, что расчетный прогиб, составивший в данном примере 31.5 мм, превышает допустимый почти в четыре раза. Дополнительно отметим, что эта величина получена без учета нагрузки от снега.

Приведенные выше рассуждения говорят о том, что применение полимерных материалов в конструкции светопрозрачной кровли прежде всего связано с проблемами долговечности. Можно говорить о том, что может быть поставлена под сомнение сама вероятность использования поликарбоната как конструктивного материала для сооружений, долговечность которых должна быть максимально приближена к сроку службы основного здания (многоквартирного жилого дома, коттеджа, офиса и т.д.). Коробление и прогибы, вызванные температурными деформациями и снеговой нагрузкой, могут набрать критические значения уже в первый год эксплуатации кровли, что соответственно, приведет к разуплотнению стыков с профильной системой, неравномерному отводу воды и протечкам.

Следует отметить, что существуют специальные системы на основе алюминиевых профилей и уплотнений, позволяющих свободные температурные подвижки поликарбоната, предназначенные для устройства навесов над бензоколонками, торговыми рядами и т.п. При этом, как правило, предполагается арочная форма покрытия, в которой гибкий лист поликарбоната будет работать наиболее эффективно.

Таким образом, наибольшее число проблем, возникающих при проектировании зимних садов, связано с устройством светопрозрачной кровли, как с точки зрения профильной системы, так и заполнения. Кроме того, на сегодняшний день остаются практически нерешенными вопросы температурно-влажностного режима и вентиляции. Не могут быть перенесены из технической документации немецких производителей значения снеговых нагрузок в силу существенной разницы климатических условий Украины и Германии. Поэтому, несмотря на реально высокий спрос, существующий на зимние сады, и уже определенно набранный опыт (в основном отрицательный) по их установке, трудно говорить об окончательной, полностью сформированной методике проектирования, позволяющей безошибочно реализовать весь путь от приема заказа до монтажа. Можно выделить лишь некоторые минимально необходимые основные этапы.

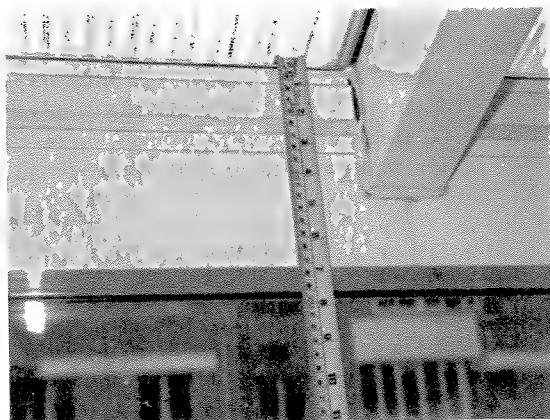


Рис. 10.9. Разрушение внутренней отделки зимнего сада, расположенного на балконе жилого дома. Заполнение кровли — ячеистый поликарбонат с малым уклоном — (около 10°). Наступление аварийной ситуации — первая зима после установки

При разработке общего архитектурно-конструктивного решения зимнего сада (рис. 10.10) принимаемого на основании расчетов на действие статических нагрузок (ветер, собственный вес остекления, снег), необходимо проработать следующие основные элементы:

- план расстановки стоек, образуемых несущими профилями оконной системы;
- схему фасадов с расстановкой элементов их горизонтального членения (поперечины, внутренние и наружные накладки в стеклопакетах и др.), а также с указанием типа открывания окон и расположения непрозрачных участков (сэндвич-панели и др.)*;
- Согласно рекомендациям концерна Rehau зимний сад должен иметь 40% открывающихся окон для обеспечения нормального режима вентиляции.
- план кровли с раскладкой стропильных профилей, а также с указанием открывающихся мансардных окон;
- характерные разрезы;
- спецификацию применяемых стеклопакетов с указанием типа стекол, толщин распорных рамок, типа применяемых мастик и технологии их нанесения*, теплотехнических, светотехнических и звукоизоляционных характеристик;

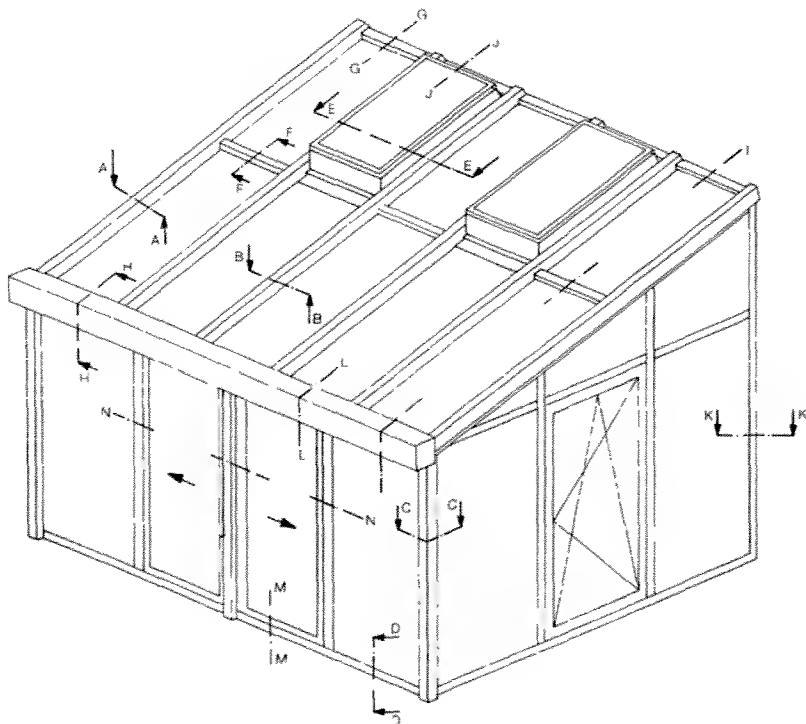


Рис. 10.10. Общее архитектурно-конструктивное решение зимнего сада. Сечения необходимые для проработки

- Как отмечалось в главе 3, в стеклопакетах, применяемых в наклонной кровле, недопустимо использование технологии хот-мелт, поскольку возможно сползание верхних стекол пакета. Необходимо также учитывать характеристики герметиков, применяемых для герметизации сопряжений профильной системы и заполнения с точки зрения устойчивости к воздействию температур и УФ солнечного излучения (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Характеристики герметизирующих материалов

N п/п	Наименование герметика	Относительное удлинение при разрыве, %	Долго- вечность, годы	Интервал ра- бочих темпе- ратур, °С	Устойчивость к воздействию УФ излучения
1	Полиуретан (однокомпонентный)	300 - 450	Более 20	-50 ... + 135	Хорошая
2	Силикон	100 - 200	Более 20	-60 ... + 205	Отличная
3	Акрил- термополимеры	15 - 50	Более 20	Макс. + 85	Очень хорошая
4	Полисульфид (однокомпонентный)	200 - 300	Более 20	-50 ... + 120	Очень хорошая
5	Бутил каучук	75 - 125	7 - 10	-40 ... + 135	Средняя
6	Акрил латексный	25 - 60	2 - 14	-30 ... + 100	Средняя

- конструктивные детали сопряжения элементов оконной системы, в которые (при необходимости) могут быть включены элементы других оконных систем, а также нестандартные детали, индивидуально разрабатываемые проектировщиком;
- общестроительные конструктивные элементы и детали (примыкание светопрозрачных конструкций к стенам и кровле существующего здания, конструкция фундаментов и т.п.).

УПРАВЛЕНИЕ МИКРОКЛИМАТОМ

Поскольку стеклянная оболочка практически мгновенно передает во внутреннее пространство изменения внешнего климата, — при проектировании зимнего сада принципиально важно включение в него *специальных приспособлений и устройств, при помощи которых можно было бы быстро и эффективно выравнивать пиковые климатические нагрузки*. К таким устройствам можно отнести мобильные системы солнцезащиты, а также системы автоматики, управляющие микроклиматом.

На рис. 10.11 приведен пример использования солнцезащитного тента в системе зимних садов FOUR SEASON. По своей структуре тенты, вариант одного из которых показан на рис. 10.11, представляют собой композитные материалы, основу которых составляют переплетенные нити из стекловолокна, с оболочкой на основе ПВХ или акрила. Как и у всех композитов, стекловолокно в данном случае обеспечивает разрывную прочность, необходимую для мобильных штор, подверженных частым переменным нагрузкам, а ПВХ — стойкость к УФ солнечному излучению, предохраняя тент от выгорания.

Переплетение нитей выполнено таким образом, чтобы 10 ... 20 % естественного дневного света проникало в помещение, создавая эффект мягкого затенения. Как показывает зарубежный опыт проектирования зимних садов, системы мобильной солнцезащиты эффективно работают в комплексе с системами вентиляции, управляемыми автоматикой.



Рис. 10.11. Зимний сад-бар с внутренним солнцезащитным тентом.
Система зимних садов FOUR SEASON

Как правило, вентиляция зимнего сада проектируется таким образом, что в качестве притока рассматриваются окна в стенах, а в качестве вытяжки — окна в крыше. При этом на окнах устанавливаются специальные *приводы* (рис. 10.12), управляемые с электрического пульта или (гораздо реже) вручную при помощи длинной передаточной штанги.

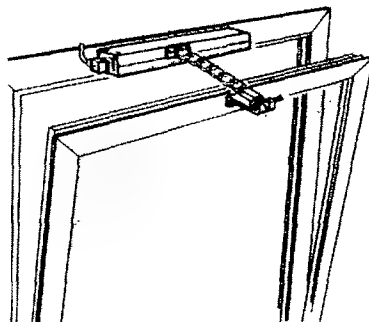


Рис. 10.12. Автоматические приводы дистанционного открывания:
а) приводы на открывающейся крыше; б) открывание вертикальных окон

Управление приводами может быть сведено на единый пульт, который в свою очередь, может считывать данные с датчиков дождя и ветра, устанавливаемых на крыше зимнего сада. При сильном дожде или ветре датчики подают сигнал на приводы, обеспечивающие автоматическое закрытие окон, открытых для вентиляции.

10.3. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МЕЖКОМНАТНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ

Светопрозрачные перегородки относятся к группе витражных конструкций по конструктивной схеме и характеру воспринимаемых нагрузок. Такие перегородки могут устанавливаться в любом помещении, где по замыслу архитектора необходимо сохранить единый объем, воспринимаемый зрительно, при этом функционально разделенный на две или более части.

В настоящее время на украинском рынке в основном нашли применение наиболее простые решения, связанные с установкой светопрозрачных перегородок в небольших помещениях административных зданий, за счет чего они получили название «офисных перегородок» (рис. 10.13).

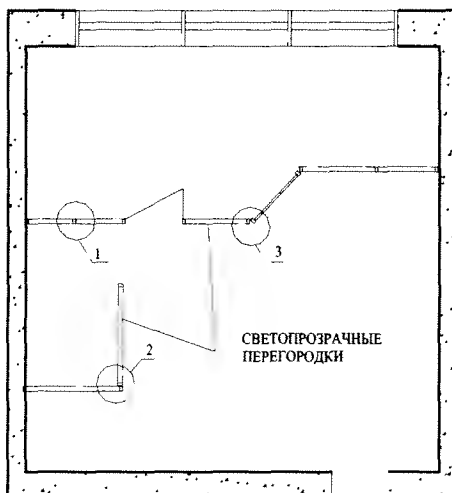


Рис. 10.13. Пример установки светопрозрачных перегородок в помещении. План

Вместе с тем, возможности современных оконных систем, выполняющих в таких перегородках функции несущих элементов, позволяют получить самые разнообразные решения как по статике, так и по архитектурно-композиционным возможностям. Светопрозрачные перегородки на основе современных оконных систем позволяют разделять помещения больших объемов, в них могут быть установлены прозрачные материалы, альтернативные стеклу (поликарбонат, оргстекло, прозрачный ПВХ и т.п.), а также различные белые и цветные пластики и сэндвич-панели.

Принципиальное отличие «офисных перегородок» от всех других видов остекления заключается в том, что они являются **внутренними ограждающими конструкциями**. К ним не предъявляются требования по теплозащите, воздухопроницаемости и устойчивости к атмосферным воздействиям. Для них не нормируется коэффициент светопропускания t , а требования к светопрозрачности как таковой полностью определяются дизайнерскими решениями интерьера и противопожарными нормами.*

- Согласно нормам проектирования для различных зданий и сооружений, все пути эвакуации должны быть освещены естественным светом. К таким помещениям можно отнести, например, протяженный коридор административного здания, по обе стороны которого расположены рабочие помещения.

Вместе с тем, в зависимости от функционального назначения, для светопрозрачных перегородок может быть сформулирована группа специальных требований, принципиально характерная для тонкостенных конструкций, в целом. Все эти требования могут быть перечислены в виде следующих основных положений:

- статическая устойчивость и отсутствие избыточных прогибов из плоскости;
- устойчивость к динамическим нагрузкам, возникающим при открывании и закрывании дверей, установленных в перегородке, а также к различным вибровоздействиям (при наличии таковых);
- стабильность качества поверхностей, устойчивость к запылению, а также к различным химическим воздействиям (при установке перегородок в помещениях с агрессивной средой);
- звукоизоляция, необходимая для работы в данном конкретном помещении;
- огнестойкость и ударопрочность.

По схеме восприятия нагрузок и технологии возведения перегородки на основании профильных систем можно подразделить на две основные группы.

1. Перегородки *блочного типа*, собираемые при помощи соединительных профилей и усилителей из отдельных сварных ПВХ-рамных модулей.
2. Перегородки, представляющие собой *аналог фасадных конструкций*, собираемых на основании профилей импостов и усилителей, или на основании профилей фасадной системы (система офисных перегородок Rehau S 701). При этом все элементы крепятся между собой при помощи механических соединителей.

Перегородки, выстраиваемые по типу фасадных конструкций, более изящны. Они гораздо более устойчивы по отношению к динамическим нагрузкам. При необходимости могут быть легко переделаны на месте строителями без дополнительного заказа конструкций в цеху. Вместе с тем, их монтаж несравненно более трудоемок по сравнению с блочными. Исключение составляет лишь случай стесненного пространства, когда предварительно изготовленные рамы сложно доставить к месту установки.

На рис. 10.14 – 10.16 приведены варианты решения конструктивных деталей перегородок различного типа. Следует отметить, что *те же принципы как правило применяются при застеклении балконов и лоджий, а также небольших фасадов* при условии решения вопросов, связанных с промерзанием и температурными деформациями.

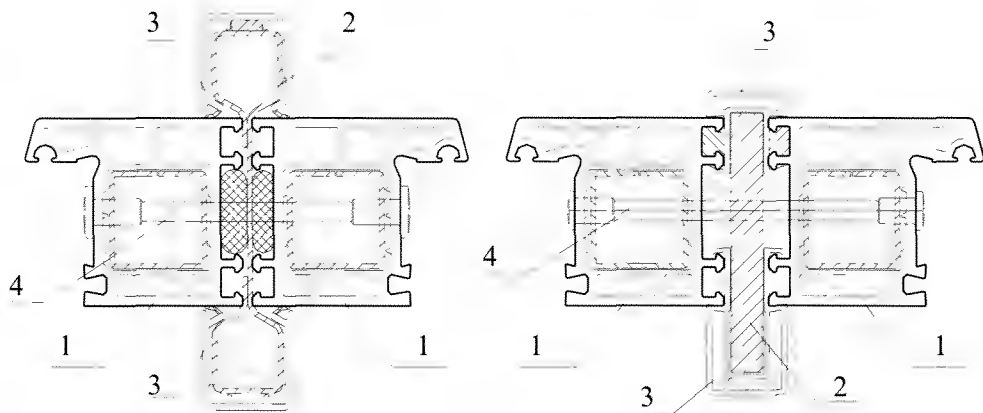


Рис. 10.14 а. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок блочного типа. Система (Veka Softline AD). Деталь 1 к рис. 10.13: 1 – профиль рамы с армированием, 2 – соединительные усиливающие профили, 3 – крышки соединителей, 4 – стягивающий болт

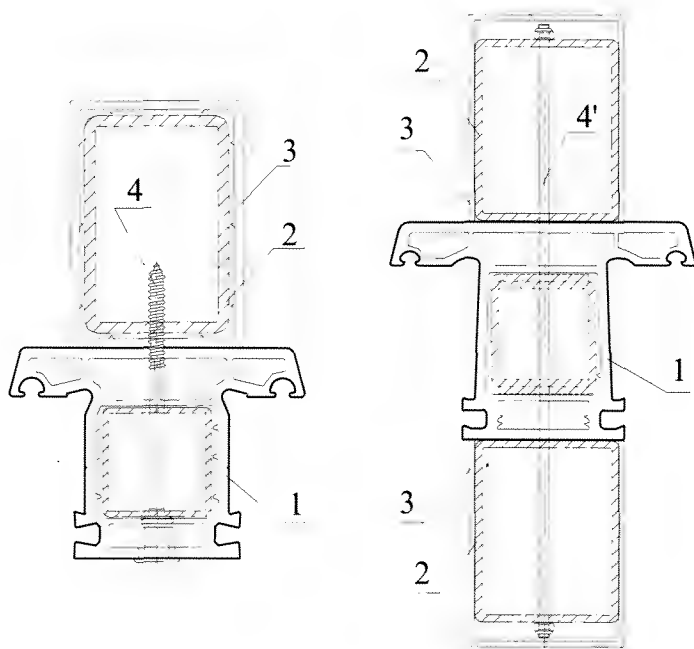


Рис. 10.14 б. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок на основании импостов и усилителей. Деталь 1 к рис. 10.13: а) с односторонним усилением (система Veka Softline AD).

б) с двухсторонним усилением. 1 – профиль импоста с армированием, 2 – усиливающие профили, 3 – крышки усилителей, 4 – саморез, 4' – стягивающий болт

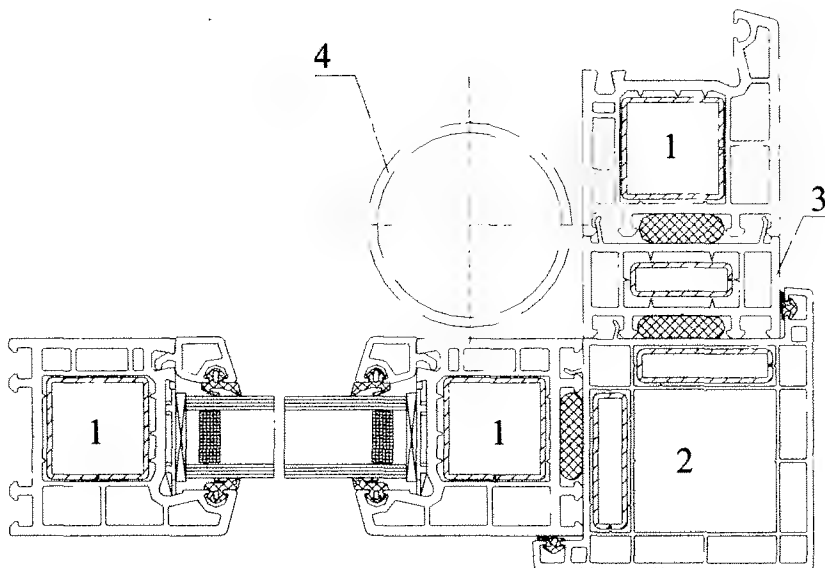


Рис. 10.15. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок блочного типа. Система (Veka Softline AD). Деталь 2 к рис. 10.3: 1 – профиль рамы с армированием, 2 – поворотный профиль – 90°, 3 – доборный удлинительный профиль, 4 – дополнительная несущая стойка для перегородок большой площади

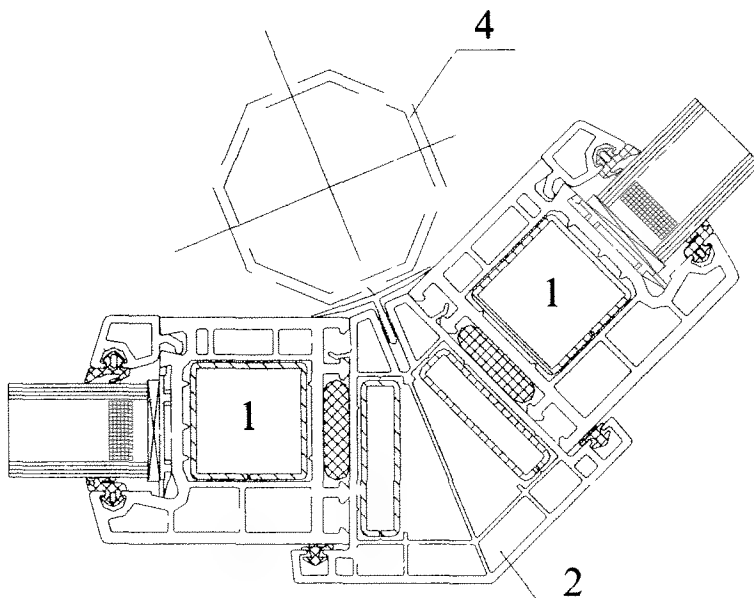
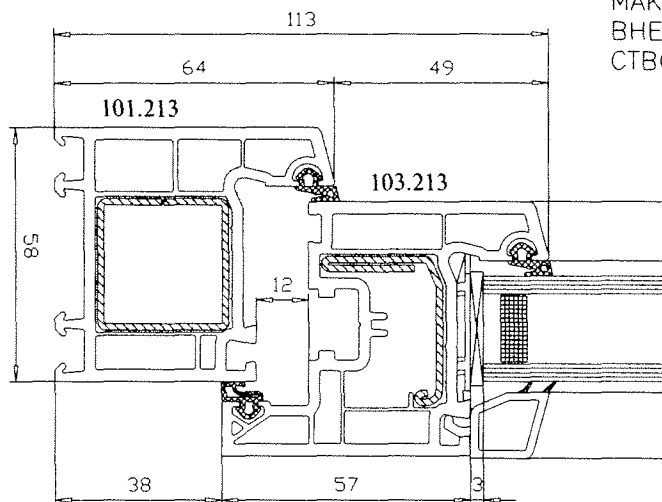
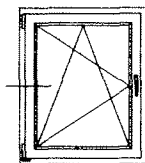


Рис. 10.16. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок блочного типа. Система (Veka Softline AD). Деталь 3 к рис. 10.13: 1 – профиль рамы с армированием, 2 – поворотный профиль – 120°, 135° или 150°, 4 – дополнительная несущая стойка для перегородок большой площади

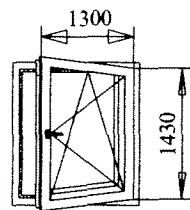
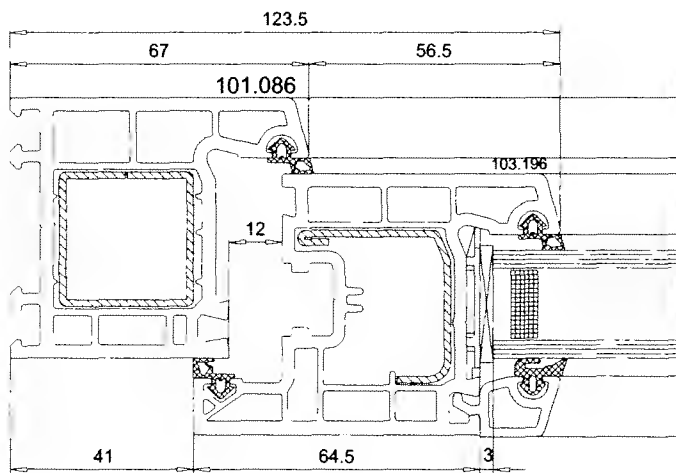
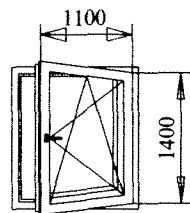
PROFIL-SYSTEME
Softline AD

Масштаб М.1:2

1-створ. окно



МАКСИМАЛЬНЫЕ
ВНЕШНИЕ РАЗМЕРЫ
СТВОРКИ



1-01

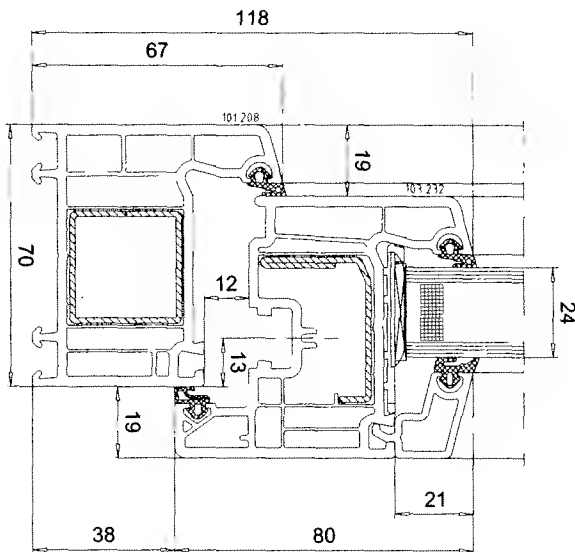
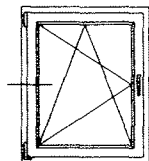
PROFIL-SYSTEME

Softline AD 70

Topline

Масштаб М.1:2

1-створ. окно

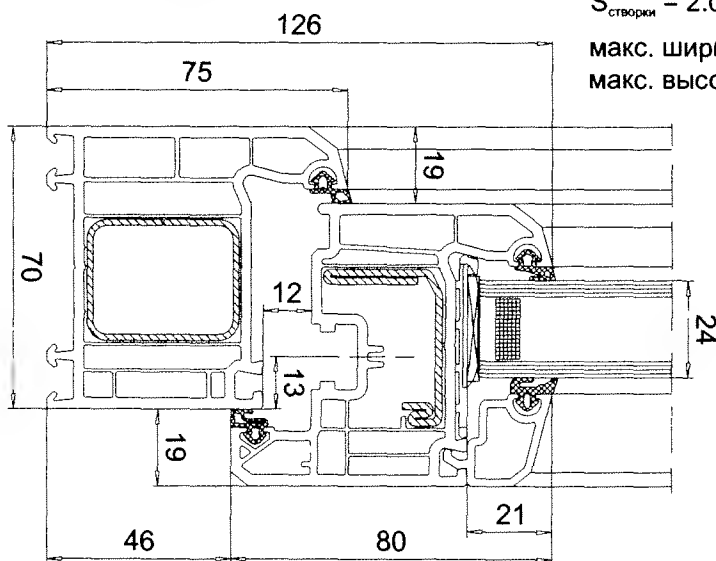


МАКСИМАЛЬНЫЕ
ВНЕШНИЕ РАЗМЕРЫ
СТВОРКИ

$S_{\text{створки}} = 2.25 \text{ м}^2$ – белый

макс. ширина ≤ 1.40

макс. высота ≤ 2.50



$S_{\text{створки}} = 2.00 \text{ м}^2$ – цветной

макс. ширина ≤ 1.30

макс. высота ≤ 2.50

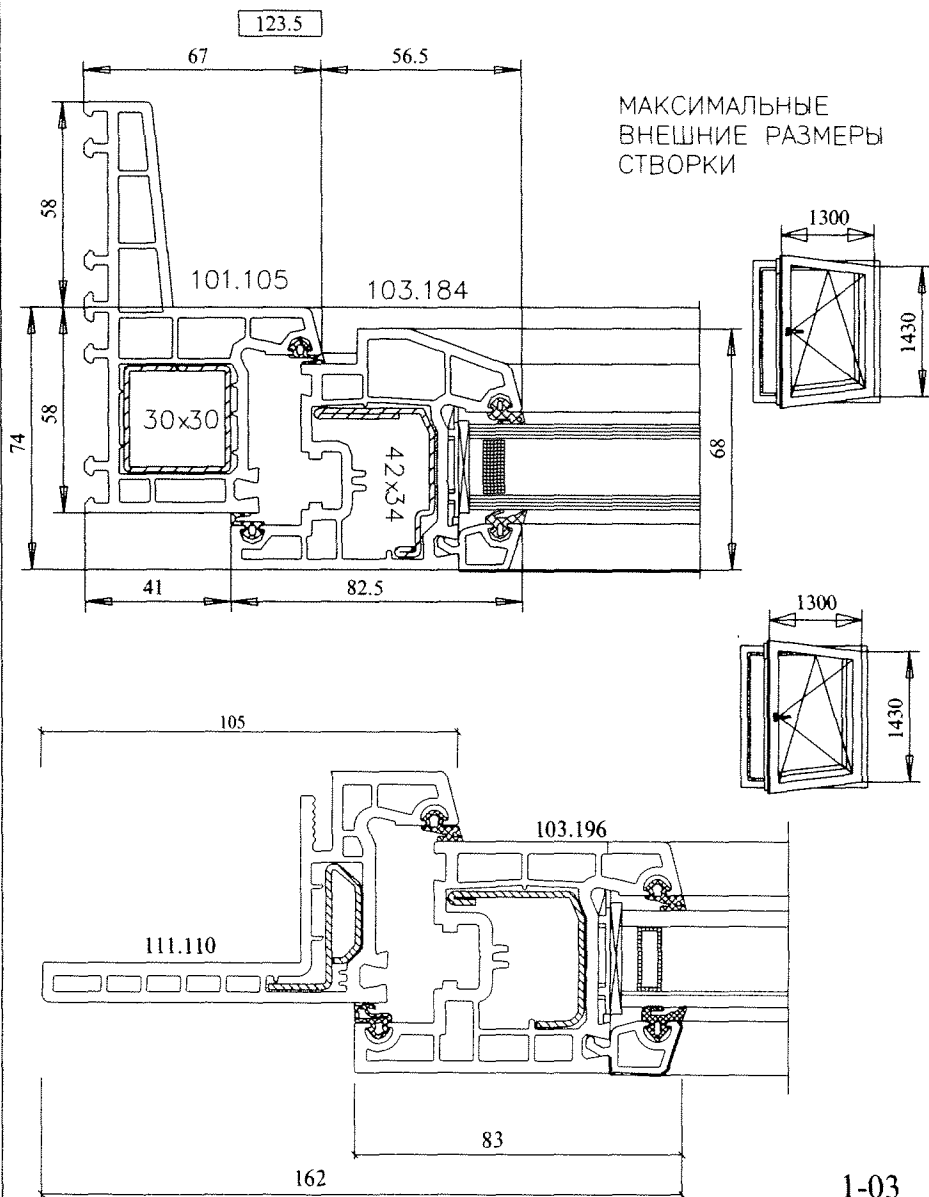
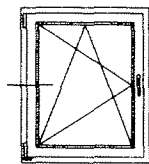
1-02

PROFIL-SYSTEME

Softline AD

Масштаб М.1:2

1-створ. окно

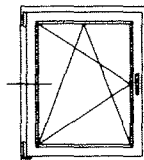


PROFIL-SYSTEME

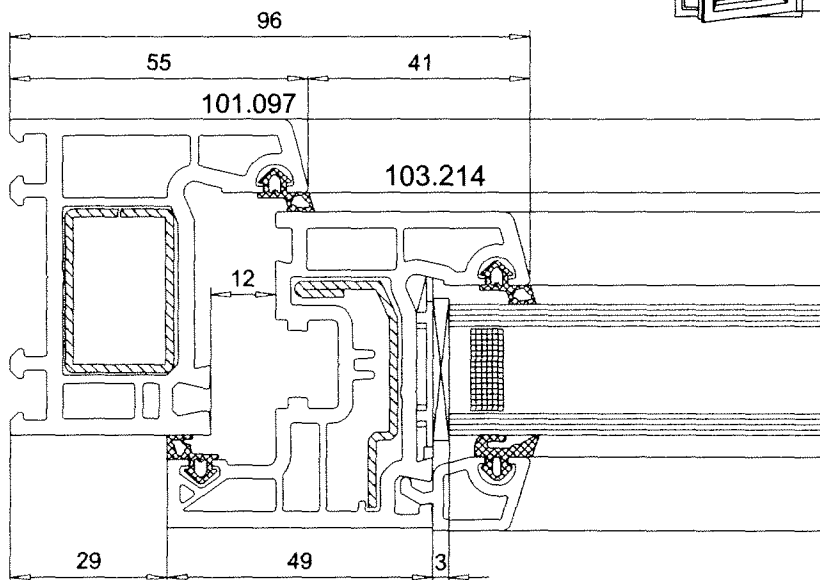
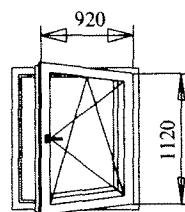
Softline AD

Масштаб М.1:2

1-створ. окно



МАКСИМАЛЬНЫЕ
ВНЕШНИЕ РАЗМЕРЫ
СТВОРКИ



1-04

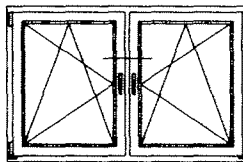
PROFIL-SYSTEME

Softline AD

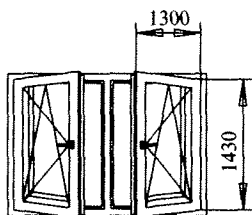
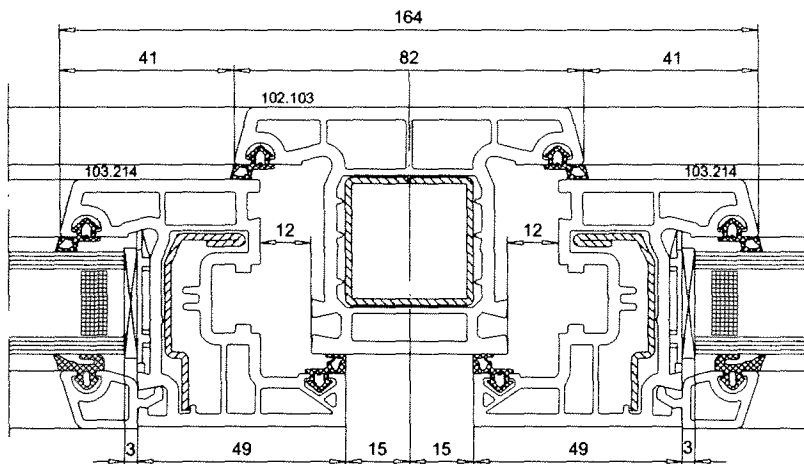
Масштаб М.1:2

2-створ. окно

с неподвижным импостом

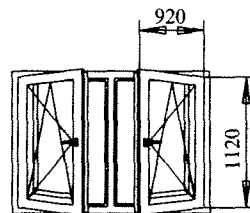


ВАРИАНТ 1



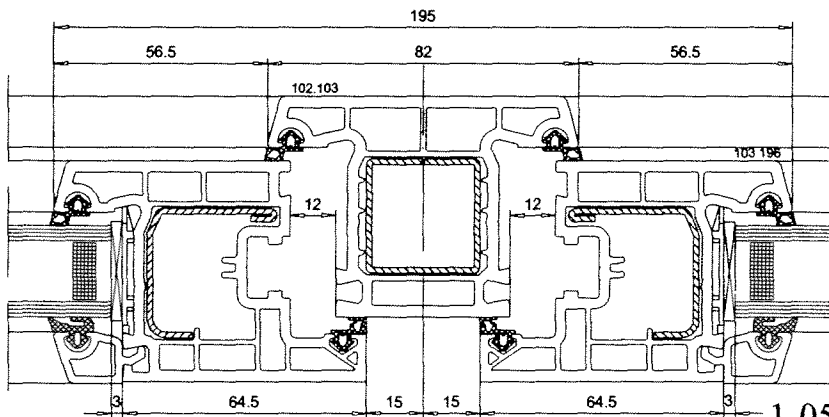
ВАРИАНТ 2

МАКСИМАЛЬНЫЕ
ВНЕШНИЕ РАЗМЕРЫ
СТВОРКИ



ВАРИАНТ 1

ВАРИАНТ 2



1-05

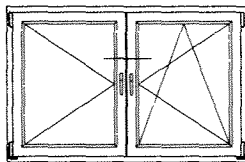
PROFIL-SYSTEME

Softline AD

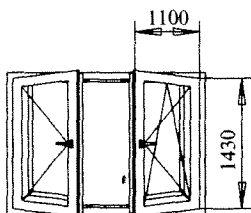
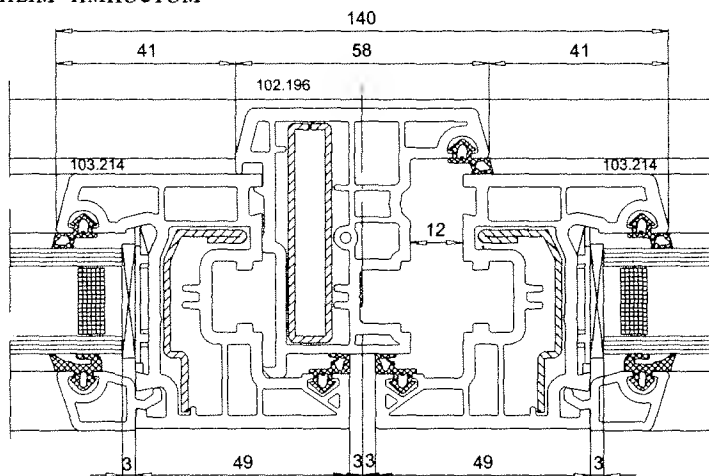
Масштаб М.1:2

2-створ. окно

с ложным импостом

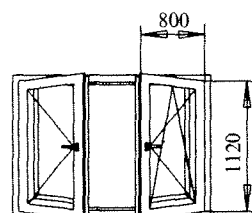


ВАРИАНТ 1



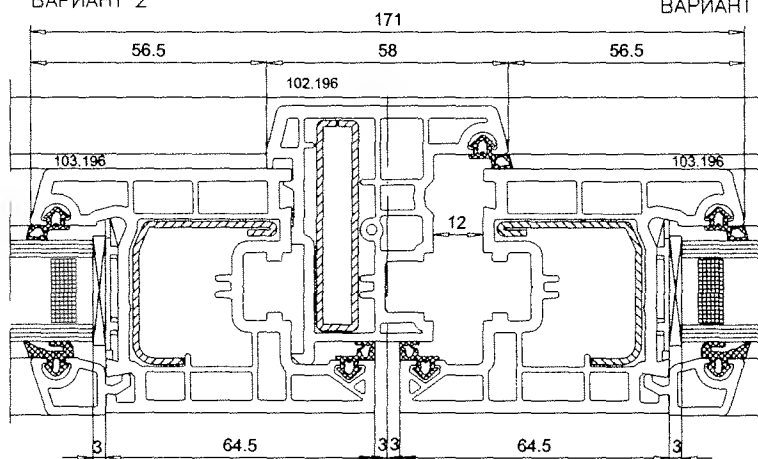
ВАРИАНТ 2

МАКСИМАЛЬНЫЕ
ВНЕШНИЕ РАЗМЕРЫ
СТВОРКИ



ВАРИАНТ 1

ВАРИАНТ 2



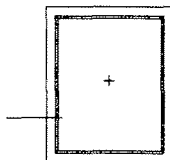
1-06

PROFIL-SYSTEME

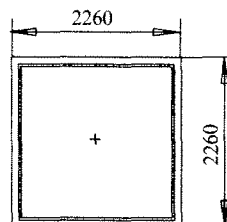
Softline AD

Масштаб М.1:2

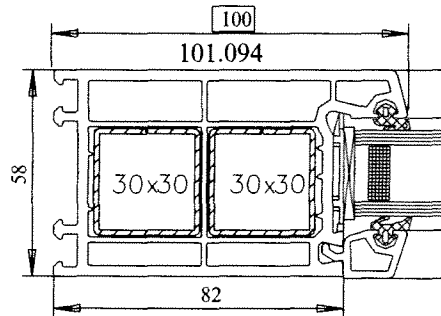
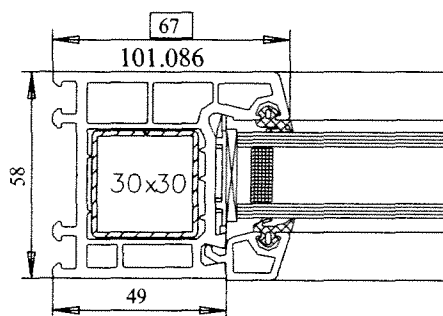
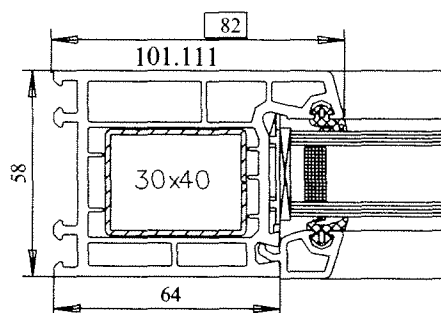
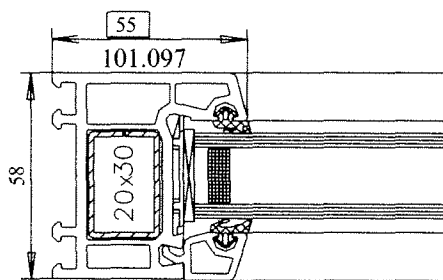
Глухое остекление



МАКСИМАЛЬНЫЕ ВНЕШНИЕ РАЗМЕРЫ
РАМЫ



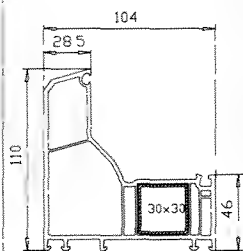
ТОЛЩИНА СТЕКЛА ОТ 6 ДО 32 ММ



1-07



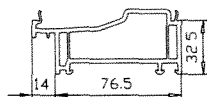
Рама



Art. 101.211



утепляющий
вкладыш

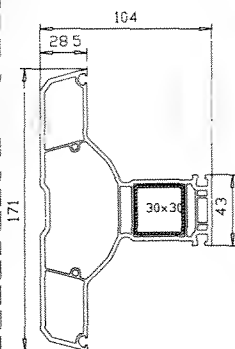


Art. 110.065



утепляющий
вкладыш

Импост

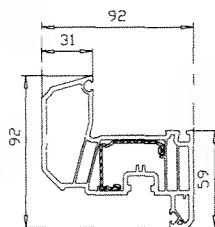


Art. 102.212



утепляющий
вкладыш

Створка



Art. 103.211



утепляющий
вкладыш

Уплотнения



Art. 112.050



Art. 112.254



Art. 112.001

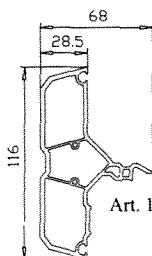


Art. 112.380

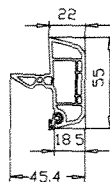
Ложный импост



утепляющий
вкладыш

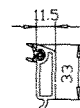


Art. 102.213

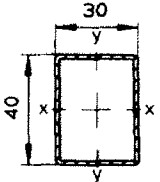
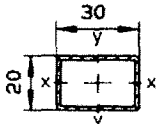
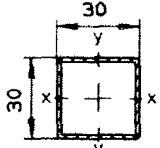
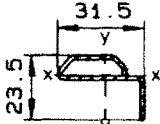


Art. 102.224

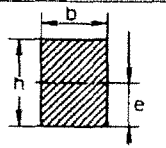
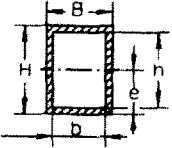
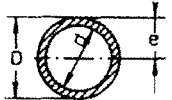
Штапик



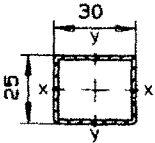
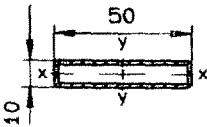
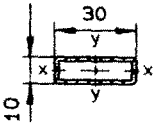
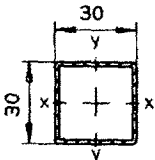
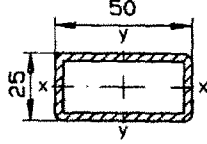
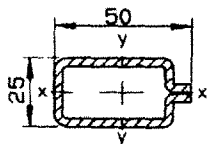
Art. 107.524

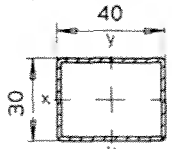
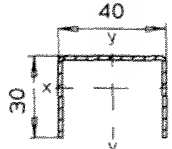
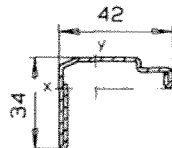
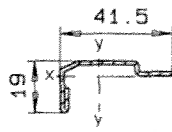
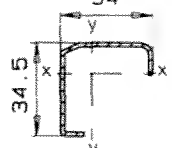
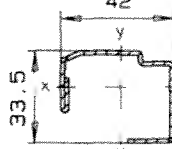
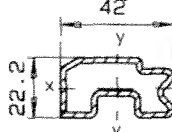
чертеж масштаб 1:2	арт. №	размер	значение статической величины (см ⁴)	тип усиливаемого профиля
	113.001	30/40/1,5	$I_x = 4,65 \text{ см}^4$ $I_y = 2,95 \text{ см}^4$	101.085 101.111
	113.001.2	30/40/2	$I_x = 5,70 \text{ см}^4$ $I_y = 3,62 \text{ см}^4$	
	113.001.3	30/40/3	$I_x = 8,18 \text{ см}^4$ $I_y = 5,05 \text{ см}^4$	
	113.019	20/30/1,5	$I_x = 0,90 \text{ см}^4$ $I_y = 1,71 \text{ см}^4$	101.097 101.118
	113.025	30/30/1,5	$I_x = 2,32 \text{ см}^4$ $I_y = 2,32 \text{ см}^4$	101.086 101.094 101.105
	113.025.2	30/30/2	$I_x = 2,95 \text{ см}^4$ $I_y = 2,95 \text{ см}^4$	
	113.025.3	30/30/3	$I_x = 4,00 \text{ см}^4$ $I_y = 4,00 \text{ см}^4$	
	113.181	23,5/31,5/1,5	$I_x = 0,35 \text{ см}^4$ $I_y = 1,16 \text{ см}^4$	111.010

Определение момента инерции (величины I_x) для центральной оси.

	расстояние до центральной оси с	момент инерции величина I_x	пример расчета
	$\frac{h}{2}$	$\frac{b \times h^3}{12}$	стальная полоса 80/10 формула $\frac{b \times h^3}{12} = I_x \text{ см}^4$ $\frac{1 \text{ см} \times (8 \text{ см})^3}{12} = I_x \text{ см}^4$
	$\frac{H}{2}$	$\frac{B \times H^3}{12} - \frac{b \times h^3}{12}$	$\frac{1 \text{ см} \times 512 \text{ см}^3}{12} = I_x \text{ см}^4$ $\frac{512 \text{ см}^4}{12} = I_x \text{ см}^4$
	$\frac{D}{2}$	$\frac{3,14 (D^4 - d^4)}{64}$	$I_x = 42,7 \text{ см}^4$

Все размеры даны в см

чертеж масштаб 1:2	арт. №	размер	значение статической величины (см ⁴)	тип усиливаемого профиля
	113.002	30/25/1.5	$I_x = 1,51 \text{ см}^4$ $I_y = 2,02 \text{ см}^4$	102.113
	113.002.2	30/25/2	$I_x = 1,90 \text{ см}^4$ $I_y = 2,55 \text{ см}^4$	
	113.002.3	30/25/3	$I_x = 2,53 \text{ см}^4$ $I_y = 3,43 \text{ см}^4$	
	113.013	50/10/1.5	$I_x = 0,28 \text{ см}^4$ $I_y = 4,36 \text{ см}^4$	102.086 102.118
	113.013.3	50/10 Flachstahl	$I_x = 0,42 \text{ см}^4$ $I_y = 10,42 \text{ см}^4$	
	113.020	30/10/1.5	$I_x = 0,17 \text{ см}^4$ $I_y = 1,10 \text{ см}^4$	102.084 102.088
	113.025	30/30/1.5	$I_x = 2,32 \text{ см}^4$ $I_y = 2,32 \text{ см}^4$	102.087 102.102 102.103
	113.025.2	30/30/2	$I_x = 2,95 \text{ см}^4$ $I_y = 2,95 \text{ см}^4$	102.130 105.083
	113.025.3	30/30/3	$I_x = 4,00 \text{ см}^4$ $I_y = 4,00 \text{ см}^4$	
	113.161.3	50/25/3	$I_x = 3,99 \text{ см}^4$ $I_y = 12,55 \text{ см}^4$	102.121
	113.219.3	50/25/3	$I_x = 3,34 \text{ см}^4$ $I_y = 10,15 \text{ см}^4$	102.121

чертеж масштаб 1:2	арт. №	размер	значение статической величины (см ⁴)	тип усиливаемого профиля
	113 001	30/40/1.5	$I_x = 2,95 \text{ см}^4$ $I_y = 4,65 \text{ см}^4$	102 115
	113 001 2	30/40/2	$I_x = 3,62 \text{ см}^4$ $I_y = 5,70 \text{ см}^4$	
	113 001 3	30/40/3	$I_x = 5,05 \text{ см}^4$ $I_y = 8,18 \text{ см}^4$	
	113 021	U 30/40/1.5	$I_x = 1,36 \text{ см}^4$ $I_y = 3,91 \text{ см}^4$	102 115
	113 021 3	U 30/40/2.5	$I_x = 2,14 \text{ см}^4$ $I_y = 6,03 \text{ см}^4$	
	113 090	42/34/1.5	$I_x = 1,80 \text{ см}^4$ $I_y = 4,00 \text{ см}^4$	103 101 103 102
	113 091	41,5/19/1.5	$I_x = 0,33 \text{ см}^4$ $I_y = 1,96 \text{ см}^4$	103 100
	113 117	34/34,5/1.5	$I_x = 1,75 \text{ см}^4$ $I_y = 1,80 \text{ см}^4$	103 104 103 105
	113 133	42/33,5/1.5	$I_x = 2,20 \text{ см}^4$ $I_y = 4,65 \text{ см}^4$	103 111
	113 138 2	42/22,2/2	$I_x = 1,44 \text{ см}^4$ $I_y = 4,82 \text{ см}^4$	103 101 103 102



чертеж масштаб 1:2	арт №	размер	значения статической величины (см ⁴)	тип усиливаемого профиля
	113 001	30/40/1,5	$I_x = 4,65 \text{ см}^4$ $I_y = 2,95 \text{ см}^4$	109 290
	113 001 2	30/40/2	$I_x = 5,70 \text{ см}^4$ $I_y = 3,62 \text{ см}^4$	
	113 001 3	30/40/3	$I_x = 8,18 \text{ см}^4$ $I_y = 5,05 \text{ см}^4$	
	113 004	20/40/1,5	$I_x = 3,49 \text{ см}^4$ $I_y = 1,15 \text{ см}^4$	109 290
	113 004 2	20/40/2	$I_x = 4,45 \text{ см}^4$ $I_y = 1,44 \text{ см}^4$	
	113 004 3	20/40/2,5	$I_x = 5,31 \text{ см}^4$ $I_y = 1,68 \text{ см}^4$	
	113.011.2	60/40/2	$I_x = 10,23 \text{ см}^4$ $I_y = 19,31 \text{ см}^4$	109 081
	113.011.3	60/40/3	$I_x = 14,32 \text{ см}^4$ $I_y = 27,39 \text{ см}^4$	116 007 114 019
	113.012	35/6/1,5	$I_x = 0,13 \text{ см}^4$ $I_y = 0,94 \text{ см}^4$	109 014
	113.013	50/10/1,5	$I_x = 0,28 \text{ см}^4$ $I_y = 4,36 \text{ см}^4$	116 003
	113 013 3	50/10 Flachstahl	$I_x = 0,42 \text{ см}^4$ $I_y = 10,42 \text{ см}^4$	116 029 116 038
	113 015.3	80/40/3	$I_x = 18,50 \text{ см}^4$ $I_y = 55,50 \text{ см}^4$	114 003 114 020
	113 019	30/20/1,5	$I_x = 0,90 \text{ см}^4$ $I_y = 1,71 \text{ см}^4$	114 005 114 006 109 303
	113 020	30/10/1,5	$I_x = 0,17 \text{ см}^4$ $I_y = 1,10 \text{ см}^4$	114 012

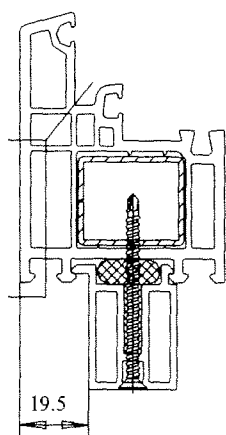
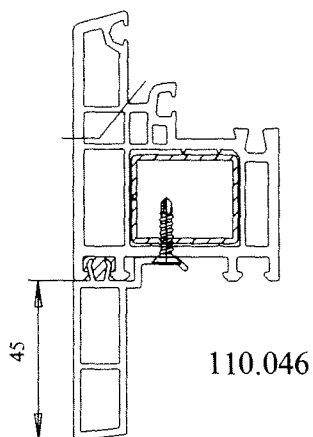
Стальные усилители для дополнительных профилей



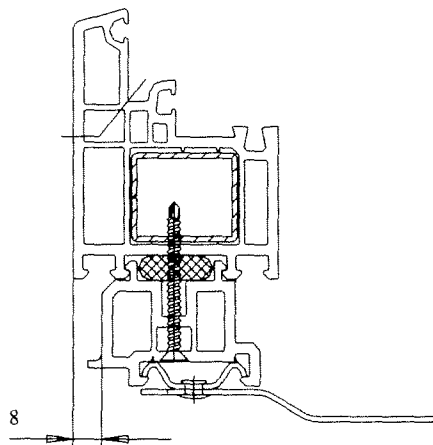
системы профилей
Softline AD

чертеж масштаб 1:2	арт. №	размер	значение статическое величины (см ⁴)	тип усиливаемого профиля
	113 025	30/30/1	$I_x = 1,420 \text{ см}^4$ $I_y = 1,420 \text{ см}^4$	114 011
	113 025 2	30/30/2	$I_x = 2,950 \text{ см}^4$ $I_y = 2,950 \text{ см}^4$	118 023
	113 025 3	30/30/3	$I_x = 4,000 \text{ см}^4$ $I_y = 4,000 \text{ см}^4$	118 024
	113 028	40/10/1	$I_x = 2,330 \text{ см}^4$ $I_y = 2,380 \text{ см}^4$	116 014
				116 015
				116 016
				116 017
	113 046	50/30/1	$I_x = 3,540 \text{ см}^4$ $I_y = 1,890 \text{ см}^4$	116 035
	113 046 2	50/30/2	$I_x = 4,500 \text{ см}^4$ $I_y = 2,200 \text{ см}^4$	116 036
	113 046 3	50/30/3	$I_x = 5,970 \text{ см}^4$ $I_y = 3,610 \text{ см}^4$	
	113 047	50/20/1	$I_x = 1,410 \text{ см}^4$ $I_y = 1,120 \text{ см}^4$	109 062
	113 047 2	50/20/2	$I_x = 1,920 \text{ см}^4$ $I_y = 1,560 \text{ см}^4$	
	113 047 3	50/20/3	$I_x = 2,430 \text{ см}^4$ $I_y = 2,100 \text{ см}^4$	
	113 061	112/22/1	$I_x = 50,800 \text{ см}^4$ $I_y = 1,300 \text{ см}^4$	116 012
	113 120 3	80/10 Plattenstahl	$I_x = 1,300 \text{ см}^4$ $I_y = 4,100 \text{ см}^4$	116 029
				116 031
				116 044
	113 122 3	100/10 Plattenstahl	$I_x = 1,100 \text{ см}^4$ $I_y = 3,300 \text{ см}^4$	116 028
	113 135 2	122/52	$I_x = 3,400 \text{ см}^4$ $I_y = 15,200 \text{ см}^4$	короб рольставный
	113 140 3	100/25	$I_x = 11,100 \text{ см}^4$ $I_y = 1,400 \text{ см}^4$	114 013
	113 161 3	50/25	$I_x = 3,330 \text{ см}^4$ $I_y = 12,500 \text{ см}^4$	114 018

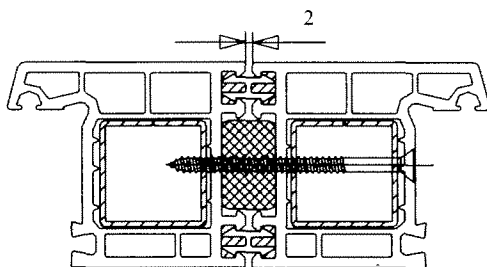
2-05



110.026

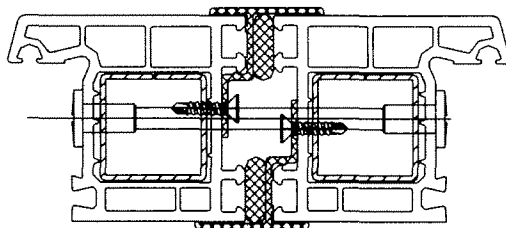


110.005



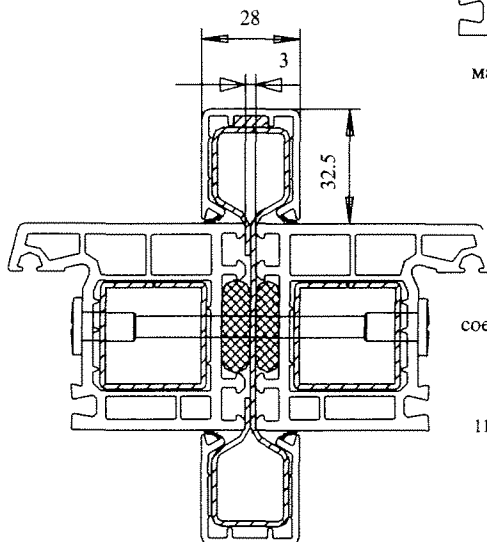
соединитель мини

116.030



маскирующий соединитель из алюминия

116.022

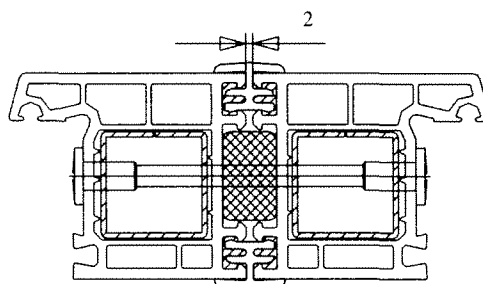


соединитель элементов

116.012

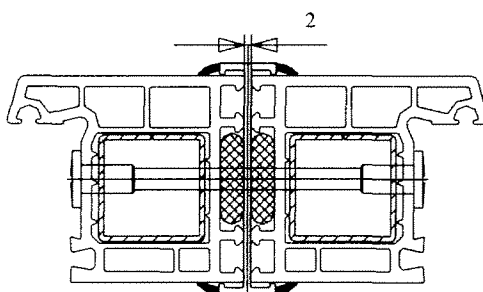
усилитель

112x22x1,5 $I_y=58,60\text{cm}^4$



соединитель мини

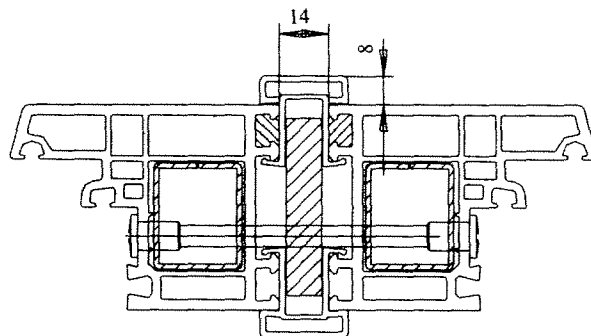
116.005



Н - образный соединитель

116.013

3-03



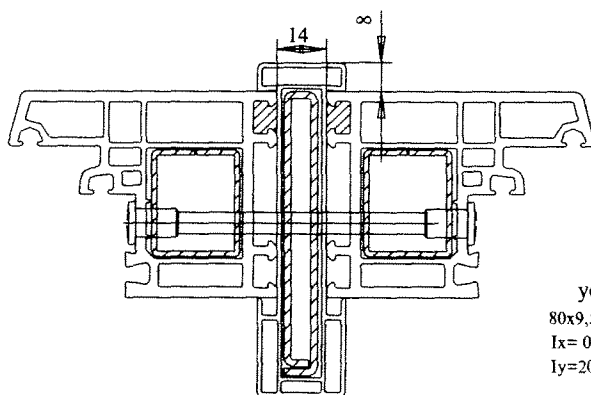
стальная полоса

116.029

полоса 50x10

$$I_x = 0,42 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 10,42 \text{ cm}^4$$



стальная полоса

116.044

усилитель

80x9,5x2,0

$$I_x = 0,46 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 20,93 \text{ cm}^4$$

усилитель

полоса 80x10

$$I_x = 0,67 \text{ cm}^4$$

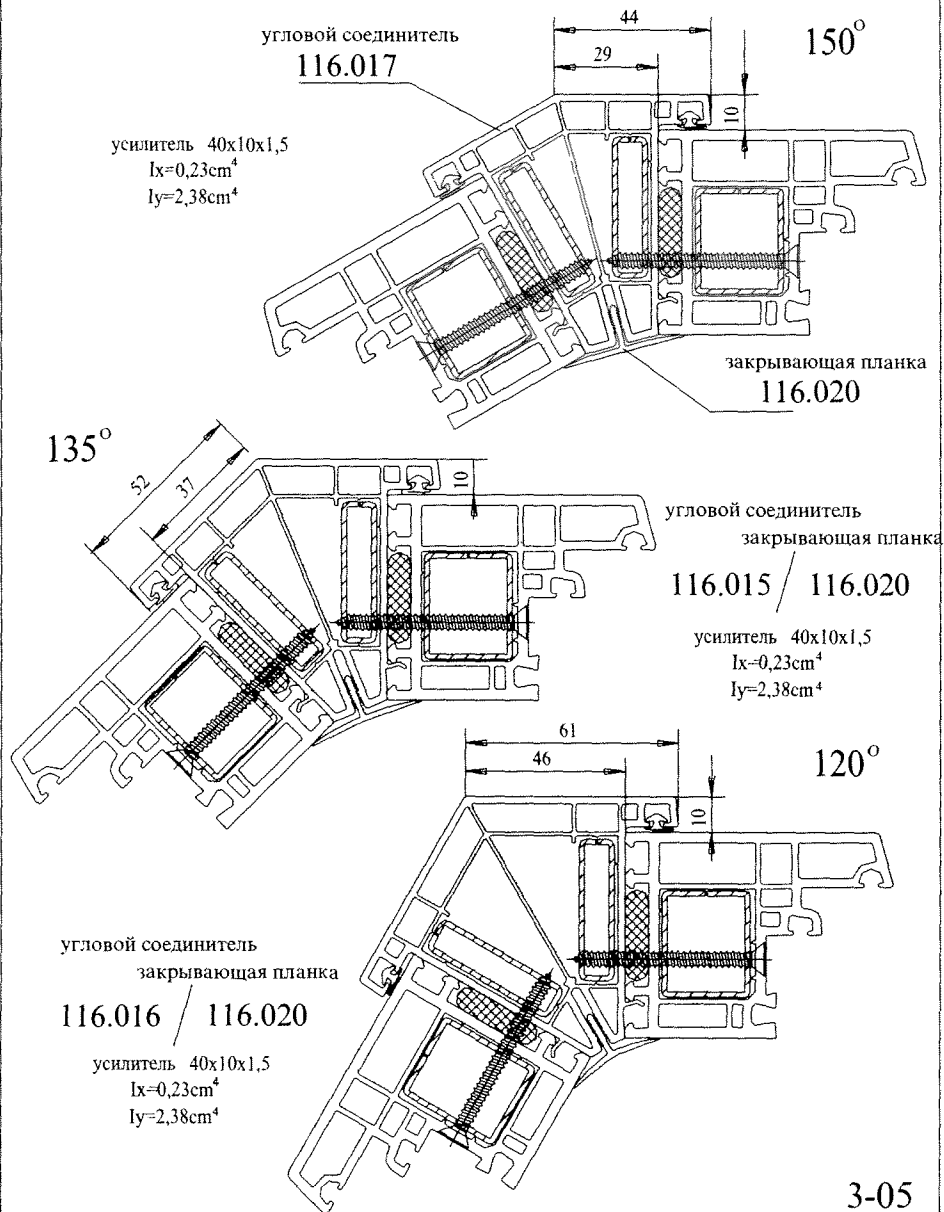
$$I_y = 42,67 \text{ cm}^4$$

PROFIL-SYSTEME

Дополнительные профили

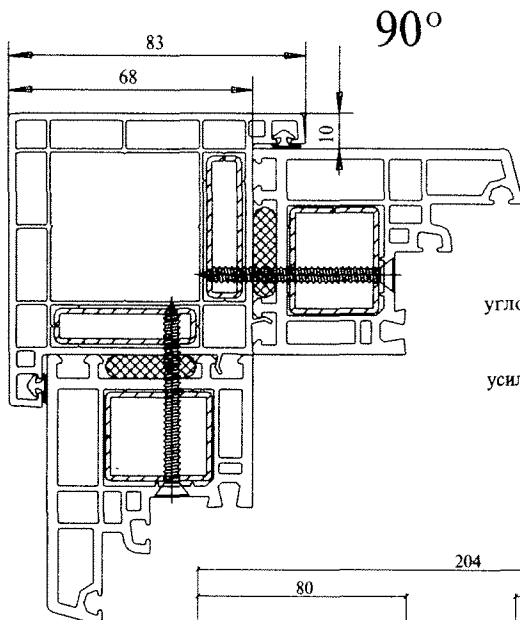
Масштаб М.1:2

Угловые соединители



3-05

PROFIL-SYSTEME
Дополнительные профили
Масштаб М.1:2
Угловые соединители



90°

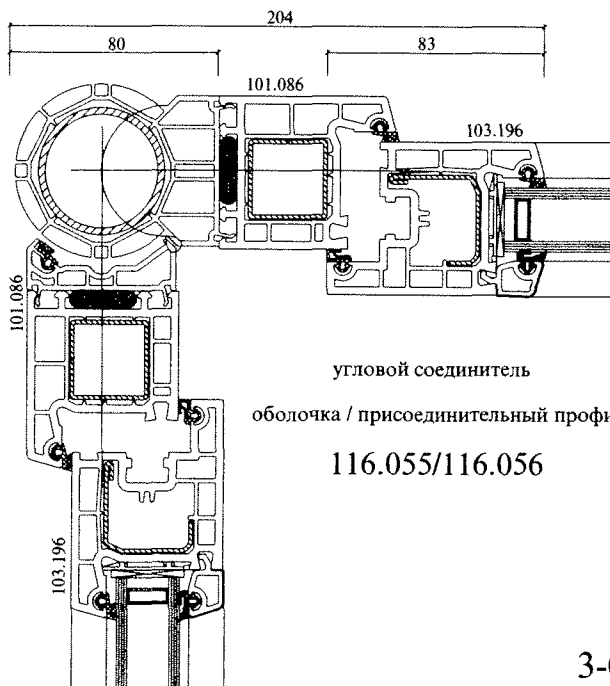
угловой соединитель

116.014

усилитель 40x10x1,5

$I_x=0,23\text{cm}^4$

$I_y=2,38\text{cm}^4$



угловой соединитель

оболочка / присоединительный профиль

116.055/116.056

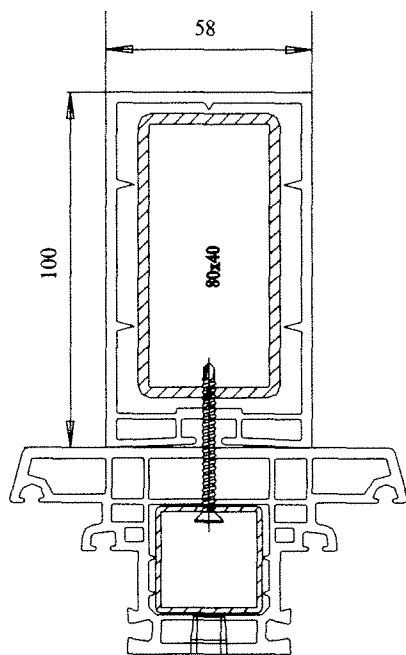
3-06

PROFIL-SYSTEME

Дополнительные профили

Виды профилей, масштаб М.1:2

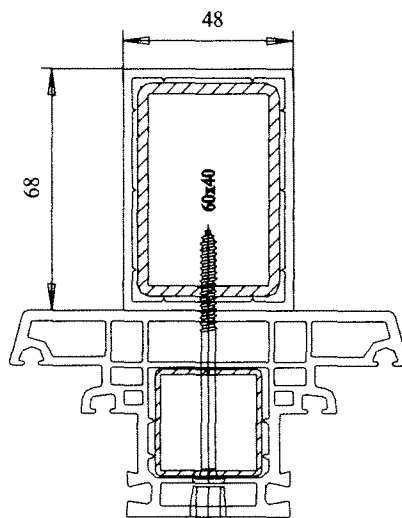
Внешние усилители



оболочка для усилителя 58x100

114.003

усилитель
80x40x3.0 $I_x=18,50\text{cm}^4$
 $I_y=55,50\text{cm}^4$



оболочка для усилителя 48x68

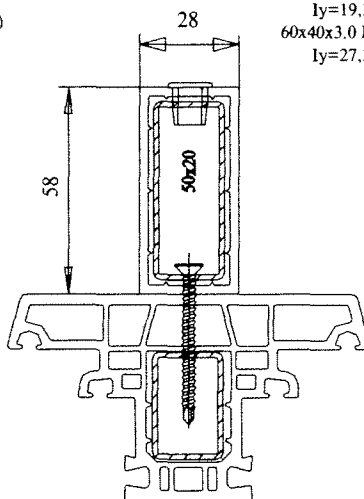
109.081

усилитель
60x40x2.0 $I_x=10,23\text{cm}^4$
 $I_y=19,31\text{cm}^4$
60x40x3.0 $I_x=14,32\text{cm}^4$
 $I_y=27,39\text{cm}^4$

оболочка для усилителя 28x58

109.082

усилитель
50x20x1.5 $I_x=1,41\text{cm}^4$
 $I_y=6,12\text{cm}^4$
50x20x2.0 $I_x=1,76\text{cm}^4$
 $I_y=7,86\text{cm}^4$
50x20x3.0 $I_x=2,33\text{cm}^4$
 $I_y=10,90\text{cm}^4$



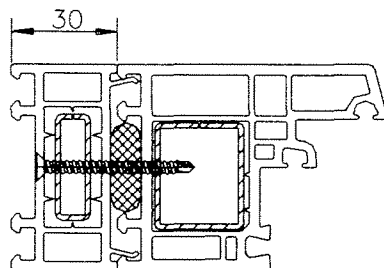
3-07

PROFIL-SYSTEME

Дополнительные профили

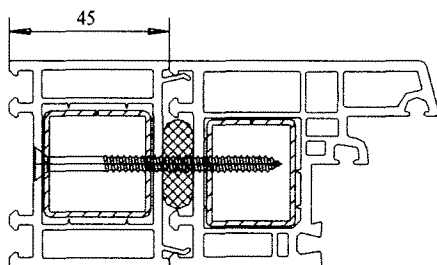
Виды профилей, масштаб М.1:2

Расширители для рам



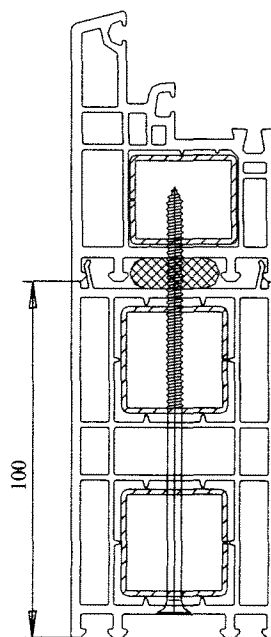
расширитель для рам 30 мм

114.012



расширитель для рам 45 мм

114.011



расширитель для рам 100 мм

114.017

3-08

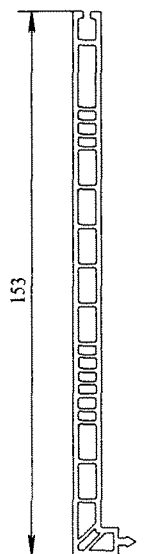
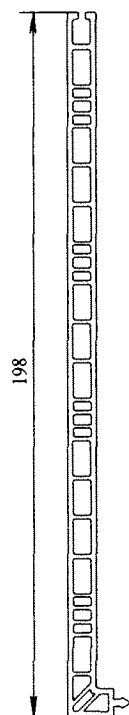
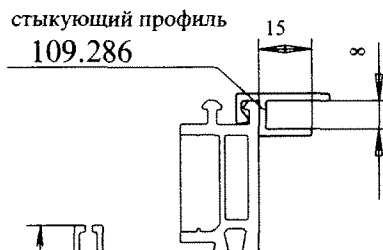
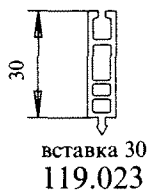
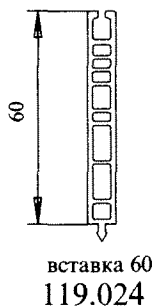
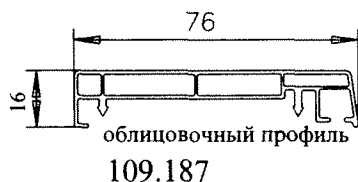
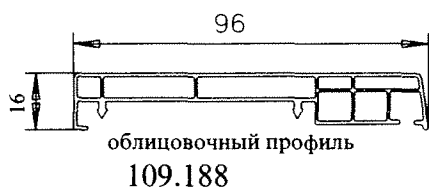
PROFIL-SYSTEME

Дополнительные профили

Виды профилей, масштаб М.1:2



Облицовочные профили



3-09

Таблица для определения необходимых моментов инерции I (см⁴) для прочностной группы А, высота здания 0-8 м

для стальных усилителей ($E=2.1 \times 10^5$ Н/мм² = 2.1×10^6 Кг/см²)
таблица рассчитана на ветровую нагрузку 0.65 КН/м²

ширина нагрузки, см

	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
--	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

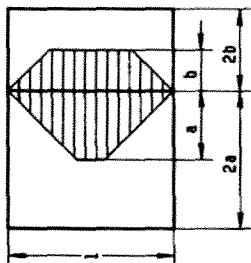
l — длина проставки в см

a — ширина нагрузки в см

b — ширина нагрузки в см

19.3

100	0.22	0.32	0.37	0.38															
110	0.31	0.43	0.51	0.56															
120	0.40	0.57	0.70	0.77	0.81														
130	0.51	0.73	0.90	1.04	1.09														
140	0.64	0.93	1.20	1.31	1.42	1.53													
150	0.80	1.20	1.42	1.74	1.85	1.96													
160	0.97	1.42	1.85	2.07	2.40	2.51	2.51												
170	1.20	1.74	2.18	2.62	2.94	3.16	3.27	3.27											
180	1.42	2.07	2.62	3.16	3.49	3.82	4.03	4.03											
190	1.64	2.40	3.05	3.71	4.25	4.68	4.91	5.01											
200	1.86	2.83	3.60	4.36	5.01	5.56	5.89	6.21	6.21										
210	2.18	3.27	4.25	5.12	5.89	6.54	7.09	7.41	7.52										
220	2.51	3.71	4.91	6.00	6.87	7.63	8.28	8.72	9.05	9.16									
230	2.94	4.36	5.67	6.87	7.95	8.83	9.70	10.2	10.7	10.9									
240	3.27	4.91	6.43	7.85	9.05	10.2	11.1	11.9	12.4	12.8	12.9								
250	3.92	5.78	7.52	9.27	10.8	12.2	13.3	14.3	15.0	15.6	15.8								
260	4.58	6.76	8.94	10.9	12.8	14.4	15.8	17.0	18.0	18.6	19.2	19.3							
270	5.34	7.96	10.4	12.8	14.9	16.9	18.6	20.2	21.6	22.2	22.9	23.2							
280	6.21	9.16	12.0	14.8	17.3	19.6	21.8	23.7	25.1	26.3	27.3	27.7	27.9						
290	7.09	10.6	14.0	17.1	20.1	22.8	25.3	27.5	29.4	30.8	32.0	32.8	33.2						
300	8.18	12.1	15.9	19.6	23.1	26.3	29.2	31.8	34.1	36.0	37.5	38.6	39.2	39.3					
310	9.27	13.8	18.2	22.5	26.4	30.2	33.6	36.6	39.3	41.6	43.5	44.9	45.9	46.3					
320	10.6	15.7	20.7	25.5	30.1	34.4	38.4	42.0	45.1	48.0	50.2	52.1	53.4	54.2	54.5				
330	12.0	17.8	23.4	28.9	34.2	39.1	43.6	47.9	51.6	54.9	57.7	60.0	61.7	62.8	63.4				
340	13.5	20.1	26.5	32.7	38.5	44.3	49.5	54.4	58.8	62.6	65.8	68.7	70.9	72.4	73.4	73.7			
350	15.2	22.6	29.8	36.8	43.5	49.9	55.8	61.4	66.5	71.0	74.9	78.3	81.0	83.1	84.4	85.1			
360	16.9	25.3	33.2	41.3	48.8	56.0	62.9	69.1	75.0	80.2	84.8	88.8	92.1	94.7	96.6	97.7	98.1		
370	18.9	28.2	37.3	46.7	54.6	62.8	70.4	77.6	84.3	90.3	95.6	100	104	107	110	111	112		
380	21.0	31.4	41.5	51.3	60.9	70.0	78.7	86.8	94.3	101	107	113	118	121	124	126	129		
390	23.3	34.9	46.1	57.0	67.7	77.9	87.6	96.8	105	113	120	126	132	136	141	144	145	146	
400	25.8	38.6	51.1	63.2	75.1	86.4	97.2	107	117	126	134	142	148	154	158	161	164	166	166



При строительстве высотных зданий показатели умножаются на 1,33.
При использовании алюминиевых усилителей показатели умножаются на 3.

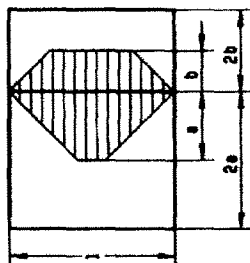
Таблица для определения необходимых моментов инерции J (см⁴) для прочностной группы В, высота здания 8-20 м

для стальных уголков (E=2.1 x 10⁵ N/mm² = 2.1 x 10⁵ Кр/см²)
таблица рассчитана на ветровую нагрузку 1.046 КН/м²

		ширина нагрузки, см																			
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
длина пролета, см	100	0.55	0.50	0.59	0.61																
	110	0.49	0.68	0.62	0.89																
	120	0.64	0.90	1.11	1.24	1.29															
	130	0.82	1.17	1.45	1.66	1.74															
	140	1.02	1.48	1.92	2.09	2.27	2.44														
	150	1.28	1.92	2.27	2.79	2.96	3.14														
	160	1.55	2.27	2.96	3.31	3.84	4.01	4.01													
	170	1.92	2.79	3.49	4.19	4.71	5.06	5.23													
	180	2.27	3.31	4.19	5.06	5.58	6.10	6.45	6.45												
	190	2.62	3.84	4.88	5.93	6.80	7.59	7.85	8.02												
	200	3.14	4.53	5.76	6.98	8.02	8.89	9.42	9.94												
	210	3.49	5.23	6.80	8.20	9.42	10.5	11.3	11.9	12.0											
	220	4.01	5.93	7.85	9.59	11.0	12.2	13.3	14.0	14.5	14.6										
	230	4.71	6.98	9.07	11.0	12.8	14.2	15.5	16.4	17.1	17.4										
	240	5.23	7.85	10.3	12.5	14.5	16.4	17.8	19.0	19.8	20.4	20.6									
	250	6.28	9.24	12.0	14.8	17.2	19.5	21.3	22.9	24.1	25.0	25.3									
	260	7.32	10.8	14.3	17.4	20.4	23.0	25.3	27.3	28.8	29.9	30.7	30.8								
	270	8.55	12.8	16.6	20.4	23.9	27.0	29.9	32.3	34.6	35.5	36.6	37.2								
	280	9.94	14.6	19.2	23.8	27.7	31.4	34.9	37.8	40.1	42.1	43.6	44.3	44.7							
	290	11.3	16.9	22.3	27.4	32.0	36.4	40.4	43.9	47.1	49.4	51.2	52.5	53.2							
	300	13.1	19.4	25.5	31.4	37.0	42.1	46.8	50.9	54.6	57.6	60.0	61.7	62.8	63.0						
	310	14.8	22.1	29.1	36.0	42.2	48.3	53.7	58.6	63.0	66.6	69.5	71.8	73.5	74.1						
	320	16.9	25.1	33.1	40.8	48.2	55.2	61.4	67.1	72.2	76.7	80.4	83.4	85.5	86.7	87.2					
	330	19.2	28.4	37.5	46.2	54.7	62.6	69.8	76.5	82.5	87.9	92.2	95.9	98.8	100	101					
	340	21.6	32.0	42.4	52.3	62.1	70.9	79.1	87.0	94.0	100	105	110	113	115	116	118				
	350	24.2	36.1	47.6	59.5	69.5	79.9	89.3	98.2	106	113	120	125	130	133	135	136				
	360	27.0	40.4	53.2	66.1	78.2	89.6	101	110	120	129	135	142	147	152	155	158	157			
	370	30.2	45.1	59.6	74.7	87.4	100	112	124	135	144	153	160	167	172	177	178	180			
	380	33.7	50.2	66.5	82.2	97.4	112	126	138	150	162	172	181	189	194	198	203	206	206		
	390	37.3	55.8	73.8	91.2	108	124	141	155	169	181	192	203	211	218	225	230	232	233		
	400	41.3	61.7	81.0	101	120	138	156	172	186	203	215	227	238	246	253	258	262	265		

l — длина пролета в см
a — ширина нагрузки в см
b — ширина нагрузки в см

																			</		



l=длина профиля в см
a=ширина нагрузки в см
b=ширина профиля в см

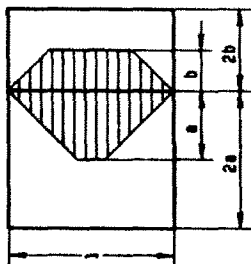


Таблица для определения необходимых моментов инерции J (см⁴) для прочностной группы С, высота здания 20-100 м

для стальных усилителей (E=2,1 x 10⁵ Н/мм² = 2,1 x 10⁵ Кр/см²)
таблица рассчитана на ветровую нагрузку 1,44 КН/м²

		ширина нагрузки, см																		
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
длина пролета, см	100	0,48	0,70	0,82	0,84															
	110	0,58	0,94	1,12	1,22															
	120	0,68	1,24	1,54	1,70	1,78														
	130	1,12	1,60	1,99	2,28	2,40														
	140	1,42	2,04	2,64	2,88	3,12	3,36													
	150	1,75	2,64	3,12	3,84	4,08	4,32													
	160	2,14	3,12	4,08	4,56	5,28	5,52													
	170	2,64	3,84	4,80	5,76	6,47	6,95	7,19												
	180	3,12	4,56	5,76	6,95	7,67	8,39	8,87												
	190	3,60	5,28	6,71	8,15	9,35	10,3	10,8	11,0											
	200	4,32	6,23	7,91	9,59	11,0	12,2	13,0	13,6	13,6										
	210	4,80	7,19	9,35	11,2	13,0	14,4	15,6	16,4	16,6										
	220	5,52	8,15	10,8	13,2	15,2	16,6	18,2	19,2	19,9	20,2									
	230	6,47	9,59	12,4	15,2	17,5	19,4	21,4	22,6	23,5	24,0									
	240	7,19	10,8	14,2	17,2	19,9	22,6	24,4	26,2	27,4	28,0	28,3								
	250	8,63	12,8	16,6	20,4	23,8	26,8	29,2	31,4	33,1	34,3	34,8								
	260	10,1	14,8	19,6	24,0	28,0	31,6	34,8	37,4	39,8	41,0	42,2	42,4							
	270	11,8	17,5	22,8	28,0	32,8	37,2	41,0	44,4	47,5	48,9	50,4	51,1							
	280	13,6	20,2	26,4	32,6	38,2	43,2	48,0	52,0	55,2	57,8	60,0	60,9	61,4						
	290	15,6	23,2	30,7	37,6	44,1	50,1	55,6	60,4	64,7	67,9	70,5	72,2	73,1						
	300	18,0	26,6	35,0	43,2	50,8	57,8	64,3	70,0	75,1	79,1	82,5	84,9	86,3	86,5					
	310	20,4	30,4	40,0	49,4	58,0	66,4	73,9	80,6	86,5	91,5	95,7	98,8	101	102					
	320	23,2	34,6	45,6	56,1	66,2	75,8	84,4	92,3	99,3	106	110	114	118	119	120				
	330	26,4	39,1	51,6	63,5	75,3	86,1	95,9	105	113	121	126	132	136	138	140				
	340	29,8	44,1	58,3	71,9	84,9	97,3	109	120	130	137	149	152	156	159	161	162			
	350	33,4	49,6	65,5	81,1	95,7	110	123	135	146	156	165	172	178	183	185	187			
	360	37,2	55,6	73,1	90,9	107	123	138	152	165	177	186	195	203	208	213	215	216		
	370	41,5	62,1	82,0	103	120	138	155	171	185	198	210	220	230	237	242	244	247		
	380	46,3	68,1	91,3	113	134	154	173	191	207	222	237	250	259	266	274	278	283		
	390	51,3	76,7	101	125	149	171	193	213	232	250	264	278	290	300	310	316	319	322	
	400	56,8	84,9	112	140	168	190	214	237	256	278	295	312	326	338	348	355	360	364	364

l — длина пролета в см
a — ширина нагрузки в см
b — ширина нагрузки в см



l — длина пролета в см
a — ширина нагрузки в см
b — ширина нагрузки в см

При строительстве высотных зданий указатели умножаются на 1,33.
При использовании алюминиевых усилителей показатели умножаются на 3.



Оконные и дверные элементы должны устанавливаться по горизонтали, по отвесу и соосно. Перед закреплением оконные и дверные элементы выравниваются и фиксируются в проеме при помощи клиньев. После закрепления клинья удаляются, чтобы они не мешали линейному расширению элементов.

Необходимо следить за тем, чтобы изменение длины профилей, а так же изменение формы строительной конструкции не вызвали никаких повреждений. Присоединительный шов между окном и стеной должен быть везде одинаковый по размеру. Его ширина должна соответствовать размерам элементов.

Изменение длины рамы на каждый шов, обусловленное материалом рамы и температурой

Материал профиля	Изменение длины рамы на каждый шов в зависимости от температуры (мм/м)
твердый ПВХ (белый)	1,6
твердый ПВХ (цветной, стандартные цвета)	2,4

Минимальная ширина соединительных швов (b)

Материал профиля	Минимальная ширина шва при длине элементов							
	до 1,5 м	до 2,5 м	до 3,5 м	до 4,5 м	до 2,5 м	до 3,5 м	до 4,5 м	
Минимальная ширина шва (b) при герметизации с применением силикона								
твердый ПВХ (белый)	10 мм	15 мм	20 мм	25 мм	10 мм	10 мм	15 мм	
твердый ПВХ (цветной)	15 мм	20 мм	25 мм	30 мм	10 мм	15 мм	20 мм	
Минимальная ширина шва (b) при герметизации с применением уплотнительной ленты								
твердый ПВХ (белый)	8 мм	8 мм	10 мм	10 мм	8 мм	8 мм	8 мм	
твердый ПВХ (цветной)	8 мм	10 мм	10 мм	12 мм	8 мм	8 мм	8 мм	

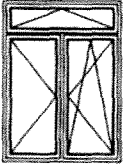
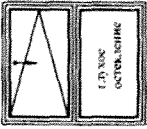
Глубина шва (t) определяется в зависимости от ширины шва b по согласованию с поставщиком уплотнительных материалов.

Сразу после монтажа
удалить защитную пленку!

5-01

Максимальные размеры окон с единой рамой
Прочностные группы А-С

системы профилей
Softline AD

чертеж	тип окна	максимальные внешние размеры рамы ширина x высота
	поворотное / поворотно-откидное двухстворчатое окно с глубокой фрамугой, створка наглухо привинчена.	67 мм / 198,0 x 188,5 см 82,5мм / 226,0 x 188,5 см
	с импостом с ложным импостом	67 мм / 172,0 x 188,5 см 82,5мм / 226,0 x 188,5 см
	поворотное / поворотно-откидное двухстворчатое окно с откидной фрамугой.	67 мм / 198,0 x 188,5 см 82,5мм / 226,0 x 188,5 см
	с импостом с ложным импостом	67 мм / 172,0 x 188,5 см 82,5мм / 226,0 x 188,5 см
	одностворчатая поворотно-откидная дверь	67мм / - - - - - 82,5мм / 101,0 x 226,0 см 100мм / 111,0 x 226,0 см
	одностворчатая поворотно-откидная дверь с откидной фрамугой	67 мм / - - - - - 82,5мм / 101,0 x 276,0 см 100 мм / 111,0 x 276,0 см
	поворотно-поворотно-откидная двухстворчатая дверь с импостом	67 мм / - - - - - 82,5мм / 194,0 x 226,0 см 100 мм / 214,0 x 226,0 см
	с ложным импостом	67 мм / - - - - - 82,5мм / 176,0 x 226,0 см 100 мм / 192,0 x 226,0 см
	поворотно-поворотно откидная двухстворчатая дверь с откидной фрамугой и с импостом	67 мм / - - - - - 82,5мм / 194,0 x 276,0 см 100 мм / 214,0 x 276,0 см
	с ложным импостом	67 мм / - - - - - 82,5мм / 176,0 x 276,0 см 100 мм / 192,0 x 276,0 см
	отставная раздвижная двухстворчатая дверь 1/2-1/2 с импостом	67 мм / - - - - - 82,5мм / 194,0 x 226,0 см 100 мм / 294,0 x 231,0 см

Максимальные размеры окон с единой рамой

Прочностные группы А-С

системы профилей
Softline AD

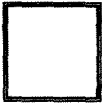
Все стандартные окна, оконные рамы, створки с прямым или скошенным углом, плоская арка, сегментная арка, коробовая арка и полукруглая арка могут быть использованы в конструкциях с единой рамой с одной или несколькими створками.

Максимальные размеры окна с единой рамой

Например: рама 82 мм / импост 82 мм / ложный импост 58 мм

- 1) макс. размер при размере створки 67 мм
- 2.) макс. размер при размере створки 82,5 мм
- 3.) макс. размер при размере створки 100 мм

для всех сочетаний цветов

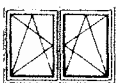
чертеж	тип окна	максимальные внешние размеры рамы ширина x высота
	глухое окно без створки	226,0 x 226,0 см
	глухое окно (рама и створка)	67 мм/ 226,0 x 226,0 см 82,5мм/ 226,0 x 226,0 см
	одностворчатое нижнеподвесное окно	67 мм/ 226,0 x 90,0 см 82,5мм/ 226,0 x 90,0 см
	одностворчатое поворотно- откидное окно	67 мм/ 103,0 x 123,0 см 82,5мм/ 141,0 x 154,0 см
	одностворчатое поворотно- откидное окно с фрамугой	67 мм/ 103,0 x 188,5 см 82,5мм/ 141,0 x 188,5 см
	двустворчатое поворотное / поворотно-откидное окно с импостом	67 мм/ 198,0 x 123,0 см 82,5мм/ 275,0 x 154,0 см
	с ложным импостом	67 мм/ 172,0 x 123,0 см 82,5мм/ 232,0 x 154,0 см
	трехстворчатое поворотно- откидное - поворотное окно с импостом	67 мм/ 293,0 x 123,0 см 82,5мм/ 315,0 x 154,0 см

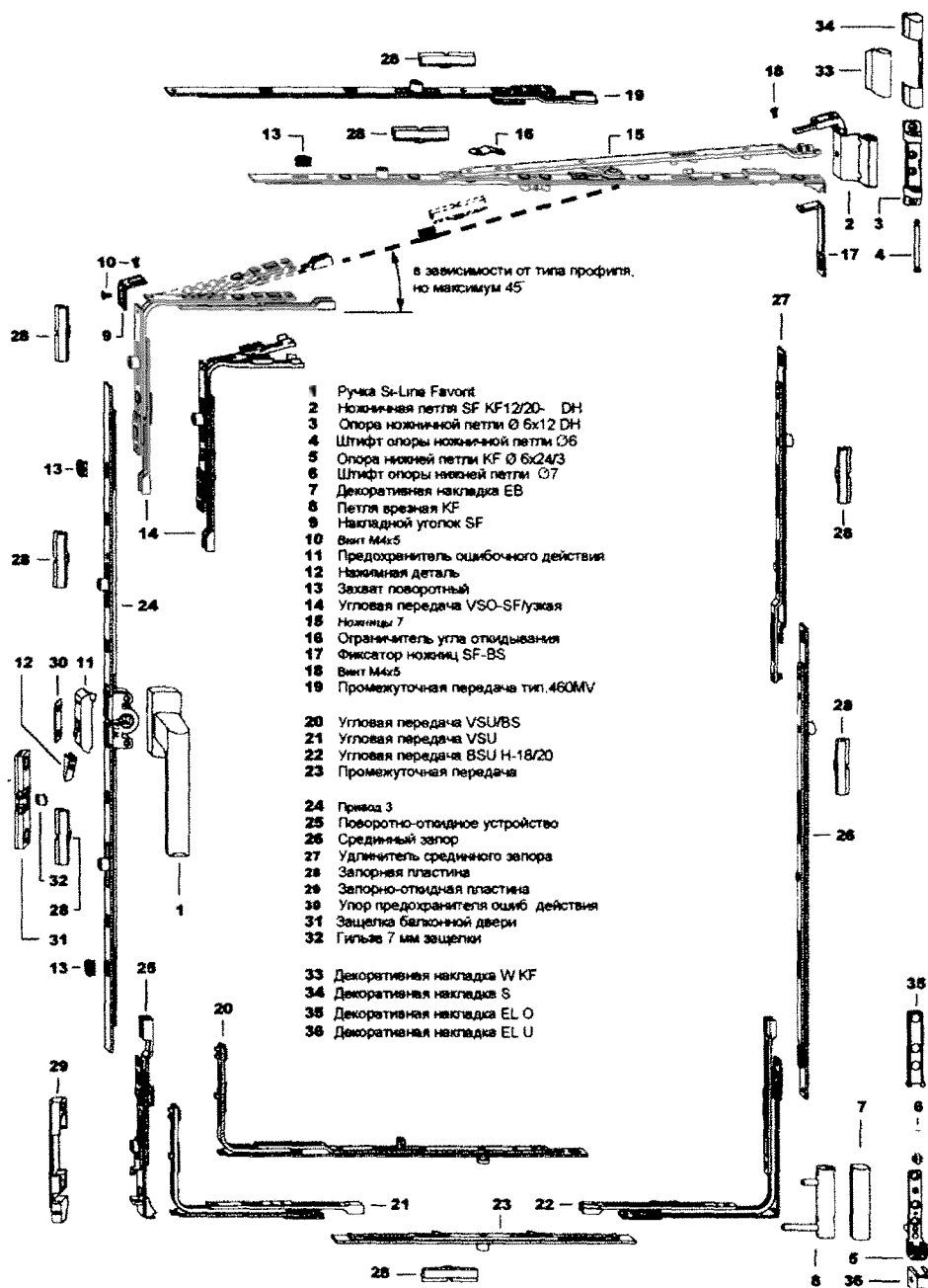
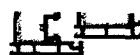
Максимальные размеры окон с единой рамой Группа зданий А-С

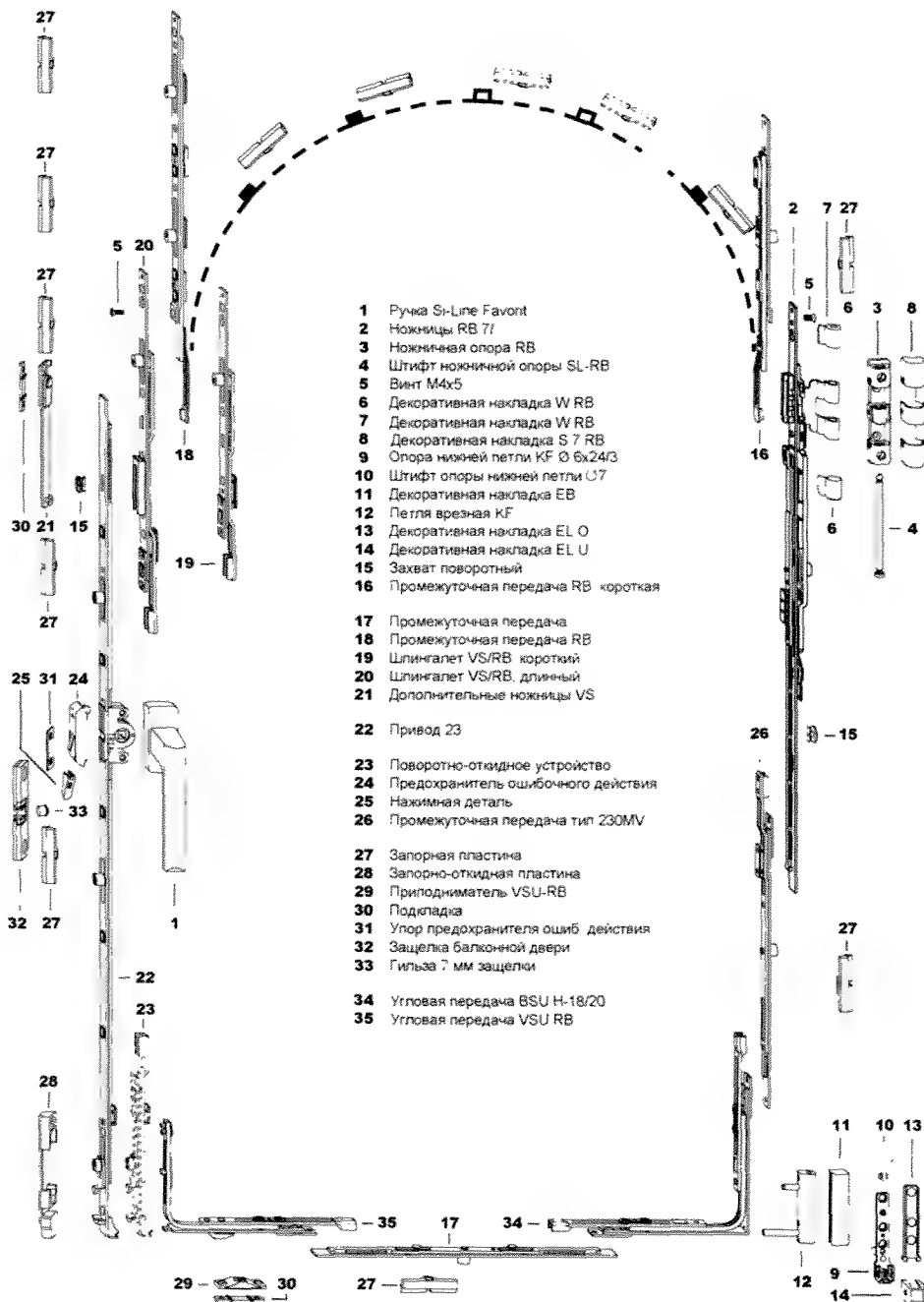
Все стандартные окна, оконные рамы, створки с прямым или скошенным углом, с плоской, сегментной, коробовой или полукруглой аркой могут быть использованы в конструкциях с единой рамой с одной или несколькими створками.

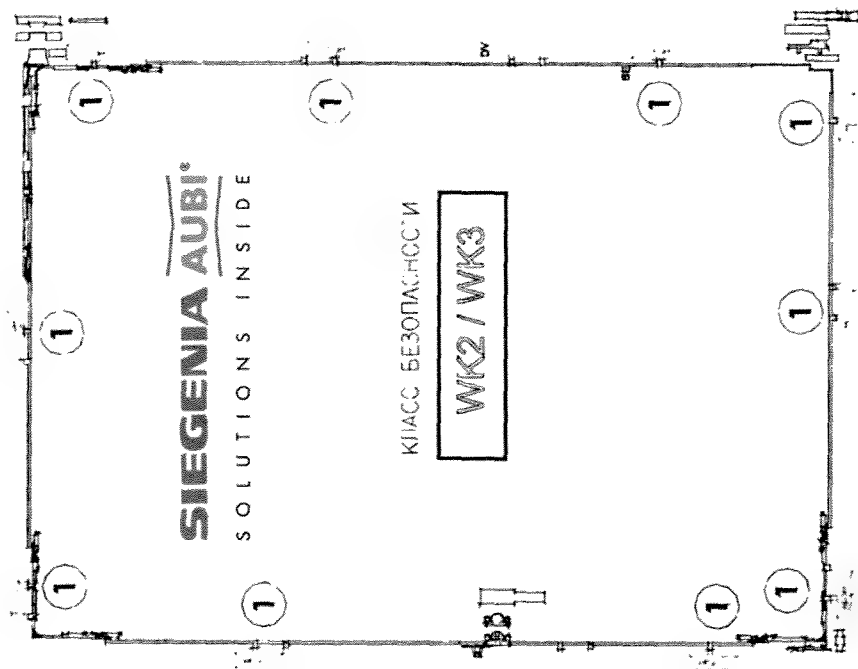
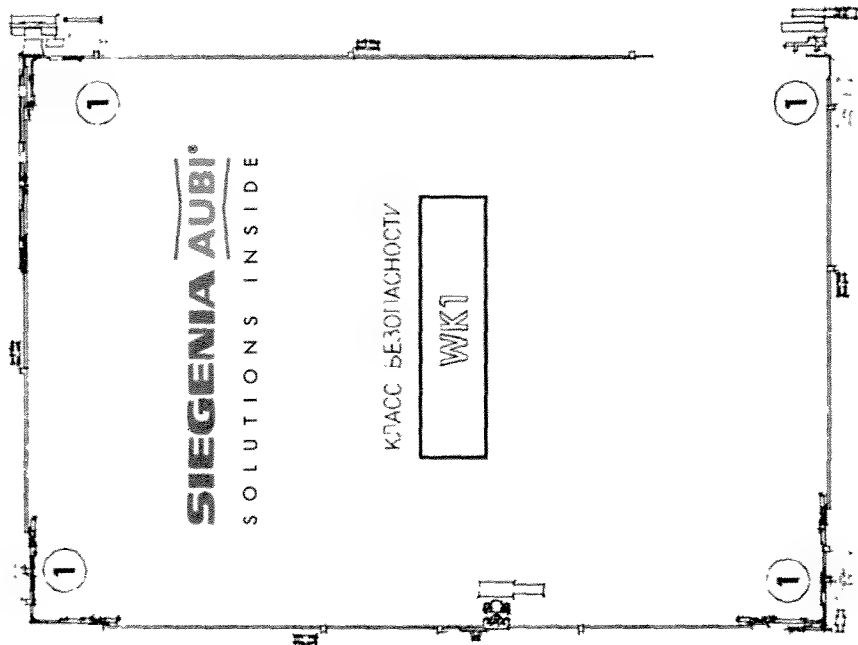
Максимальные размеры окна с единой рамой
Например: рама 64 мм / импост 82 мм / штамп 58 мм
макс. размер со створкой 75 мм

для всех сочетаний цветов

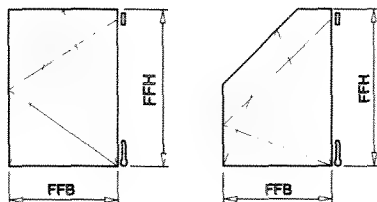
чертеж	наименование	максимальные внешние размеры рамы ширина x высота
	рама с глухим остеклением	226,0 x 226,0 см
	створка с глухим остеклением	75 мм / 226,0 x 226,0 см
	одностворчатое откидное окно	75 мм / 226,0 x 90,0 см
	одностворчатое поворотно-откидное окно	75 мм / 120,0 x 150,0 см
	одностворчатое поворотно-откидное окно с фрамугой	75 мм / 120,0 x 170,0 см
	поворотно-поворотно-откидное окно, 2 створки, импост	75 мм / 230,0 x 150,0 см
	штамп	75 мм / 200,0 x 150,0 см
	поворотно-поворотно-откидное окно, 2 створки, глухая фрамуга, створка неподвижно закреплена, импост	75 мм / 230,0 x 170,0 см
	штамп	75 мм / 200,0 x 170,0 см





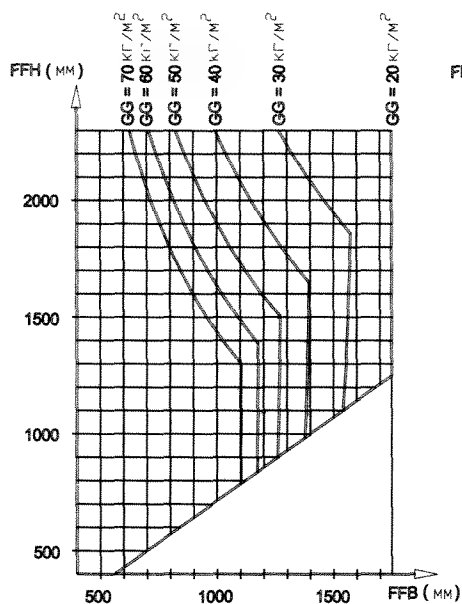
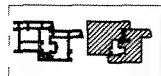


Комплекты противовзломной фурнитуры различных классов безопасности

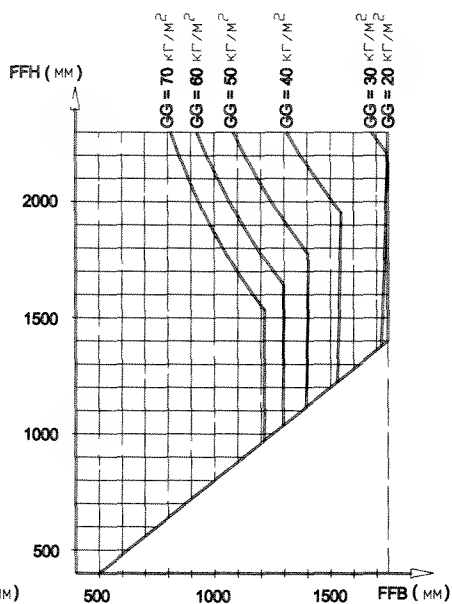


SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

A-300

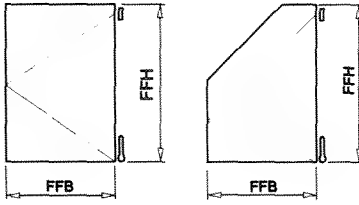


100 kg 1
МАКС. ВЕС СТВОРКИ 100 кг

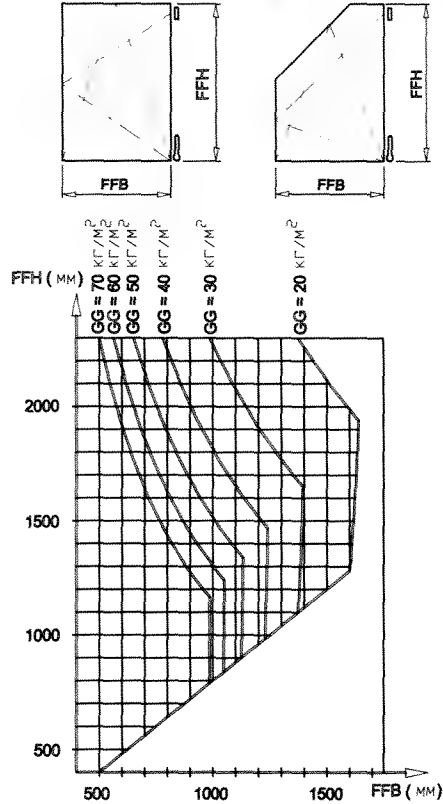
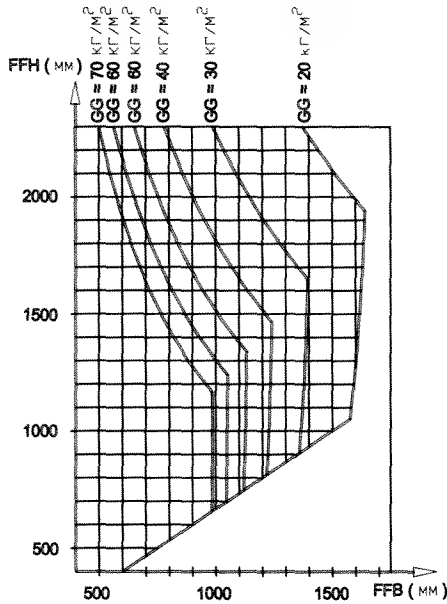
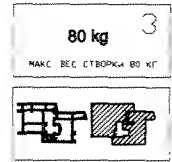


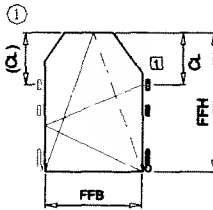
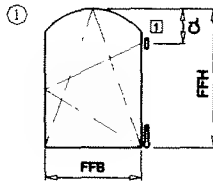
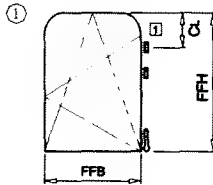
130 kg 2
МАКС. ВЕС СТВОРКИ 130 кг

10-1



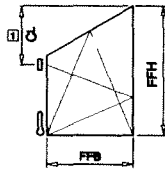
A-300



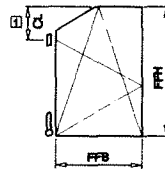


1 ПРИМЕЧАНИЕ

МАКС. РАССТОЯНИЕ ОТ ВЕРХНЕЙ ПЕТЛИ
CL max = 275 MM

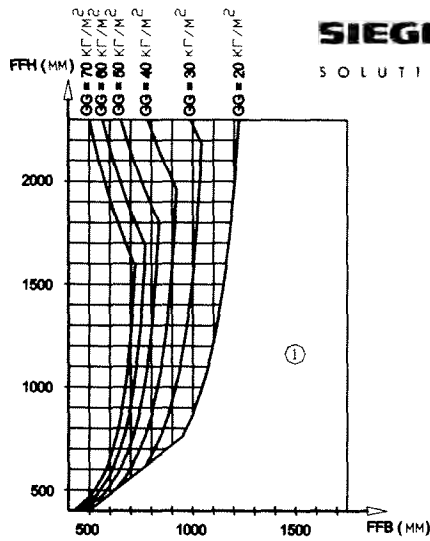


2



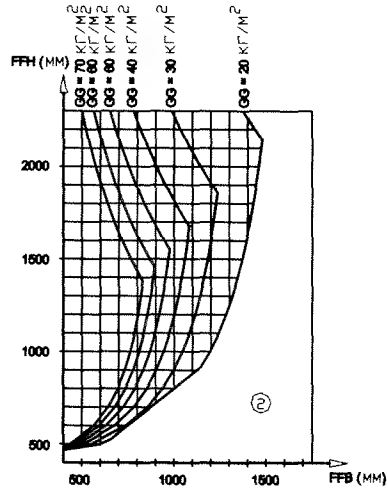
1 ПРИМЕЧАНИЕ

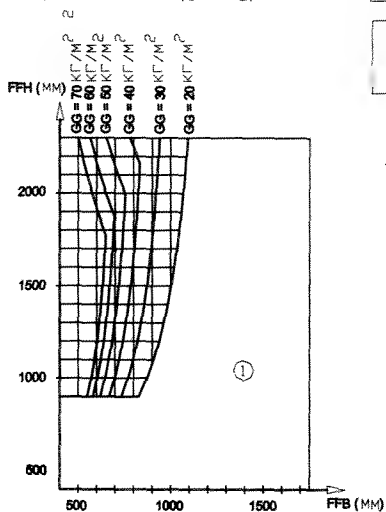
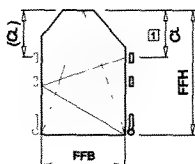
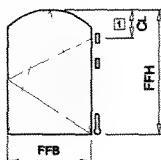
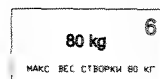
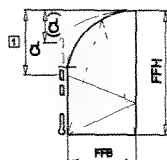
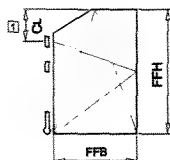
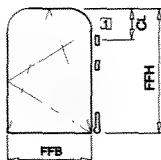
МАКС. РАССТОЯНИЕ ОТ ВЕРХНЕЙ ПЕТЛИ
CL max = 400 MM



80 kg 5
МАКС. ВЕС СТОРОК 80 КГ

A-300

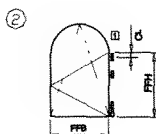




A-300

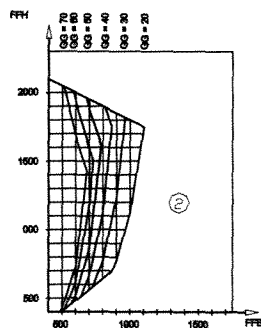
① ПРИМЕЧАНИЕ

МАКС. РАССТОЯНИЕ ОТ ВЕРХНЕЙ ПЕТЛИ
CL max = 400 MM



② ПРИМЕЧАНИЕ

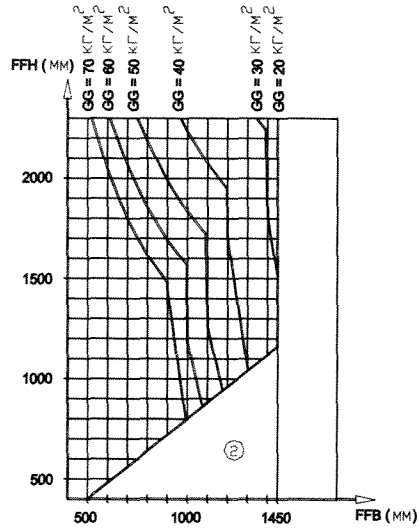
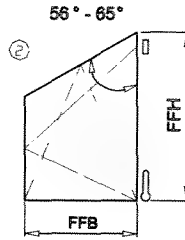
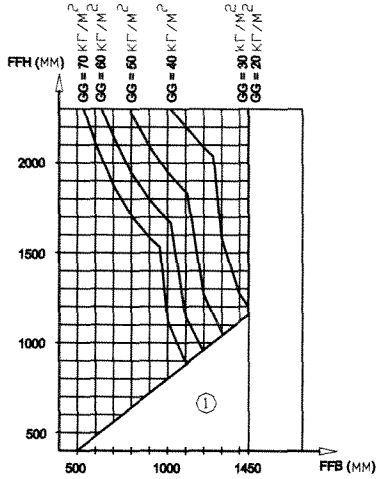
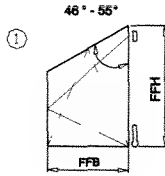
МАКС. РАССТОЯНИЕ ОТ ВЕРХНЕЙ ПЕТЛИ
CL max = 175 MM



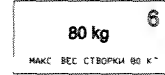
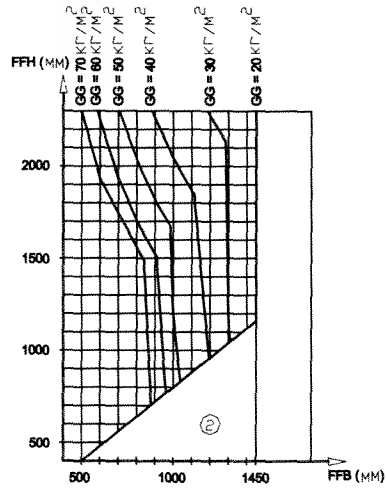
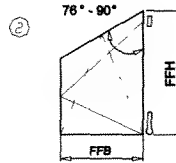
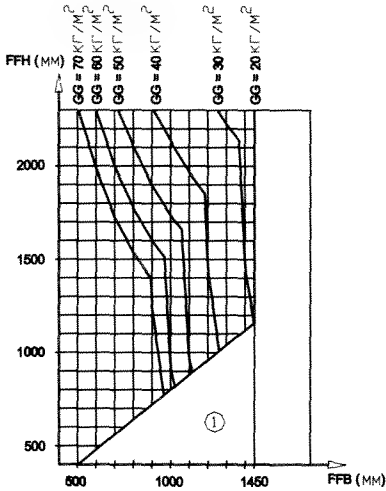
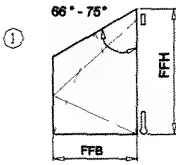
A-300



80 kg 6
МАКС. ВЕС СТРОВОМ 80 КГ



A-300



ПОСЛЕСЛОВИЕ

Книга «Проектирование современных оконных систем гражданских зданий» впервые вышла в свет в год 80-летнего юбилея ведущего строительного вуза России – Московского Государственного строительного Университета (МГСУ-МИСИ).

Самым крупным в МГСУ является факультет «Промышленное и гражданское строительство» (ПГС), существующий со дня основания вуза. Важное место в программе подготовки инженеров-строителей по специальности ПГС занимают дисциплины, изучаемые на кафедре «Архитектура гражданских и промышленных зданий».

Термин «архитектор – главный строитель» возник еще в античной Греции, и был затем более точно определен в трактате древнеримского архитектора и инженера Витрувия (I в. до н.э.). Витрувием были сформулированы три главных цели архитектуры, а именно: **«польза, прочность и красота»**.

В традиционном понимании отечественной строительной школы существовало два понятия – **«архитектура – как искусство»**, приоритетно изучавшееся архитекторами в курсах архитектурного института; и **«архитектура – как наука»** – изучавшееся инженерами-строителями.

На сегодняшний день термин «инженерное искусство» стал также общепризнанным и прочно вошел в понятие мировой культуры. Сегодня уже никто не сомневается в том, что именно глубокие технические знания и достижения составляют основу национального благополучия и развития любой страны.

С точки зрения строительной техники наивысшим профессиональным искусством является умение грамотно увидеть и построить **конструктивную схему здания**, органично сочетающего его техническую идеологию с творческим замыслом архитектора. Именно этой задаче и посвящено основное научное направление кафедры Архитектуры – **физико-технические и функциональные основы проектирования**.

В лекционном курсе, а также на практических занятиях по проектированию зданий студенты решают задачи, связанные с выбором оптимальных несущих и ограждающих конструкций здания с точки зрения: пространственной работы, теплофизических и звукоизоляционных свойств, долговечности и др. В качестве определяющих критериев для будущих специалистов задаются функциональное назначение здания и достижения современной науки.

Начиная со второго курса и заканчивая дипломным проектированием, студенты знакомятся с **теоретическими основами конструирования зданий**. Учитывая тот фактор, что наиболее революционные изменения, происходящие в современном отечественном строительном комплексе, в основном, приходятся на ограждающие конструкции, значительная часть научно-практической работы кафедры Архитектуры приходится именно на это направление.

Изучение современных светопрозрачных конструкций, является закономерным развитием общей тенденции работы кафедры в области ограждающих конструкций зданий и энергосберегающих технологий.

На пути к развитию и углублению этого направления мы встречаем всестороннюю поддержку и понимание в лице специализированных строительных и производственных фирм, испытывающих острый дефицит квалифицированных кадров. И это еще раз подтверждает второе издание настоящего учебника, разработанного в тесном взаимодействии с отечественными и зарубежными предприятиями – участниками проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Ю.П., Гликин С. М., Дроздов В.А., Тарасов В.П. Конструкции с применением стеклопакетов. М., СИ, 1978.
2. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания. / Под ред. А.В. Захарова, М., СИ, 1993.
3. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Основы проектирования. / Под ред. В.М. Предтеченского, М., СИ, 1966.
4. ДСТУ Б В.2.6-23-2001 (ГОСТ 23166-99) «Блоки оконные. Общие технические условия», Держбуд України, Київ, 2001.
5. ДСТУ Б В.2.7-107-2001 (ГОСТ 24866-99) «Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия». Держбуд України, Київ, 2001.
6. ДСТУ Б В.2.6-15-99 «Конструкції будинків і споруд. Вікна та двері полівінілхлоридні. Загальні технічні умови», Держбуд України, Київ 2000.
7. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика.». Под ред. Осипова Г.Л., М., СИ, 1993.
8. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. М., ВШ, 1974.
9. Клиндт Л., Клейн В. «Стекло в строительстве», М., СИ, 1981.
10. Ковригин С.Д., Крышов С.И. «Архитектурно-строительная акустика», М., «Высшая Школа», 1986.
11. ГОСТ 23337-78 (СТ СЭВ 2600-80) «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий», Издательство стандартов, 1985.
12. ДБН В.2.5-23-2003. «Проектирование электрооборудования объектов гражданского назначения», Держбуд України, Київ, 2004.
13. «Снижение шума в зданиях и жилых районах», под ред. Осипова Г.Л., Юдина Е.Я., М., СИ, 1987.
14. СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника», М., Госстрой СССР, 1986.
15. СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика», М., Госстрой СССР, 1982.
16. СНиП II-12-77 «Защита от шума», М., Госстрой СССР, 1978.
17. СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение», М., Госстрой СССР, 1980.
18. СНиП 2.08.01-89, М., Госстрой СССР, 1989.
19. ДБН В.2.2-9-99 «Здания и сооружения. Общественные здания и сооружения. Основные положения», Держбуд України, Київ, 1999.
20. «Современные окна», РИА «ЭРА», Москва – Санкт Петербург, 1998 г.
21. «Стеклостроитель», N1 (русское издание), ENTERPRESS OY, Hammareninkatu 8 A, FIN – 33100 TAMPERE.
22. VEKA. Оконные системы. Техническое руководство по изготовлению окон. Система Softline с фальцевым уплотнением.
23. VEKA. Техническое руководство по изготовлению окон. Нестандартные конструкции Система Softline с фальцевым / средним уплотнением.
24. VEKA. Проектирование и оформление фасадов. Системы профилей VEKA для изготовления окон, дверей и рольставней.
25. VEKA. Системы профилей Topline и Artline. Техническая информация.
26. SIEGENIA-AUBI FAVORIT Si-Line. Каталог по фурнитуре для пластиковых и деревянных окон
27. SIEGENIA-AUBI A300. Каталог оконной фурнитуры.
28. RENAУ. Рабочая документация. Фасадная система RENAУ – Polytec 50.
29. RENAУ. Рабочая документация. Системы зимних садов S 710, S 754.

УНІКАЛЬНА РОЗМАЇТЬ ПРОФІЛЬНИХ СИСТЕМ



Системи віконних та дверних ПВХ-профілів EUROLINE, SOFTLINE, TOPLINE, SWINGLINE

ВЕКА — Бюро збуту в Україні

Тел.: (044) 469 33 51
Моб.: (050) 333 33 51
<http://www.veka.ru>
e-mail: veka@ln.ua

VEKAAG

Dieselstraße 8, D-48324 Sendenhorst
Tel. 02526 29-0
Fax 02526 29-3710
www.veka.com
Ein Unternehmen der Laumann Gruppe

НАДІЙНІСТЬ ВАШИХ ВІКОН

Фурнітура для вікон та дверей
Системи **Favorit; Aubi-300; Portal; LM**

Представництво в Україні:

04655, Київ, вул. Черноморська, 1,
тел.: (044) 463 79 79, 463 77 97, факс: (044) 462 48 17
e-mail: siegenia-aubi_kiev@svitonline.com
<http://www.siegenia-aubi.com>

Склади в Україні:

Київ: VBN-Ofir 044 4614428; 5371546; 5371547; 5371561; 5371548 факс; ДП Пропласта 044 4634999; Леда 044 5319605; Харків: VBN-Ofir 0572 217274; Мекап 0572 142805; Дніпропетровськ: VBN-Ofir 056 7785802; Леда 056 7449675; Донецьк: VBN-Ofir 062 3859151; Львів: VBN-Ofir 0322 520401; Сімферополь: VBN-Ofir 0652 241183; Бешлаг-Сервіс 0652 571414; Нові Технології 0652 486371; Одеса: VBN-Ofir 048 7154337; Геалан Україна 048 7311687; АПН 048 2619776; Луганськ: ДП Пропласта 0642 589840; Ужгород: Закарпатконтракт 03122 24677

Надаємо програмне забезпечення, каталог російською мовою, технічне навчання на виробництві, навчання по продажах, сервіс 24 години.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**Ирина Васильевна Борискина
Александр Александрович Плотников
Аркадий Васильевич Захаров**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОКОННЫХ СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Редактор: *О.А. Домашевська*
Компьютерная верстка: *Е. Королева*
Дизайн обложки: *Е.М. Лютова, Д.А. Матвеев*

Зак. 4–891.

Отпечатано в ОАО “Полиграфкнига”,
03057, г. Киев, ул. Довженко, 3.

